जेट-यान

JET PLANES

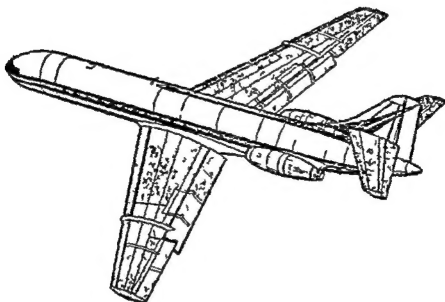
WORK LIKE THIS



मानव ससाधन विकास मत्रालय (शिक्षा-विभाग) भारत सरकार द्वारा स्वीकृत

जेट-यान

जॉन डब्ल्यू आर टेलर



जान डब्ल्यू वुड द्वारा
63 चित्रों से सुसज्जित

अलकार प्रकाशन
666 भील, दिल्ली-110051

Hindi translation of JET PLANES Work Like This'
by John W R Taylor
By arrangement with
J M Dent & Sons Ltd , London

केन्द्रीय हिन्दी निदेशालय (शिक्षा-मंत्रालय) भारत सरकार के सहयोग से कार्यान्वित लोकप्रिय पुस्तकों की प्रकाशन-योजना के अंतर्गत स्वीकृत एवं कैपिटल बुक हाउस दिल्ली के निमित्त अलंकार प्रकाशन से प्रकाशित

अनुवादक
एन के जैन

पुनरीक्षक
के एन दुबे

मूल्य
पचास रुपये (50 00)

संस्करण
दूसरा 1990

प्रकाशक
अलंकार प्रकाशन
666 भील दिल्ली-110051

मुद्रक
कावेरी प्रिन्टर्स प्रा० लि० नई दिल्ली-110002

दो शब्द

हिन्दी के विकास और प्रसार के लिए शिक्षा तथा युवक सेवा मन्त्रालय के तत्वावधान में पुस्तकों के प्रकाशन की विभिन्न योजनाएं कार्यान्वित की जा रही हैं। हिन्दी में अभी तक ज्ञान विज्ञान के क्षेत्र में पर्याप्त साहित्य उपलब्ध नहीं है, इसलिए ऐसे साहित्य के प्रकाशन को विशेष प्रोत्साहन दिया जा रहा है। यह तो आवश्यक है ही कि ऐसी पुस्तकें उच्च कोटि की हों, किन्तु यह भी जरूरी है कि वे अधिक महंगी न हों ताकि सामान्य हिन्दी पाठक उन्हें खरीदकर पढ़ सकें। इन उद्देश्यों को सामने रखते हुए जो योजनाएँ बनाई गई हैं, उनमें से एक योजना प्रकाशकों के सहयोग से पुस्तकें प्रकाशित करने की है। इस योजना के अधीन भारत सरकार निश्चित संख्या में प्रकाशित पुस्तकों की प्रतियां खरीदकर उन्हें मदद पहुंचाती है।

प्रस्तुत पुस्तक इसी योजना के अन्तर्गत प्रकाशित की जा रही है। इसके अनुवाद और कापीराइट इत्यादि की व्यवस्था प्रकाशक ने स्वयं की है तथा इसमें शिक्षा तथा युवक सेवा मन्त्रालय द्वारा निर्मित शब्दावली का उपयोग किया गया है।

हमें विश्वास है कि प्रकाशकों के सहयोग से प्रकाशित साहित्य हिन्दी को समृद्ध बनाने में सहायक सिद्ध होगा और साथ ही इसके द्वारा ज्ञान विज्ञान से सम्बन्धित अधिकाधिक पुस्तकें हिन्दी के पाठकों को उपलब्ध हो सकेंगी।

आशा है, यह योजना सभी क्षेत्रों में लोकप्रिय होगी।

ए चन्द्रहासन
निदेशक

केन्द्रीय हिन्दी निदेशालय
शिक्षा तथा युवक सेवा मन्त्रालय

विषय-सूची

डब्ल्यू टी ग म्टन का उनकी कृपालुता के लिए एव इस पुस्तक की पाण्डुलिपि की जाच करन म उनके सहयोग दने पर, तथा गस टरबाइन्स एण्ड जेट प्रोपल्शन म प्रस्तुत जी जॉफरी स्मिथ द्वारा बनाए गए निदश चित्रों के आधार पर चित्र बनाने की स्वीकृति पाने पर फ्लाइट इण्टरनेशनल का

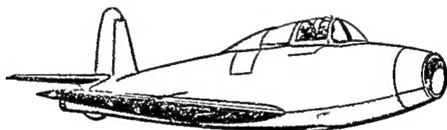
धन्यवाद ।

यह जेट युग है

1941 के ग्रीष्म मे एक दिन रॉयल एयर फोर्स हरीकेन लडाकू विमान के पायलट ने दक्षिणी इगलड के ऊपर आकाश मे एक विचित्र वायुयान देखा। वह बहुत सावधानी से उसकी ओर बढा क्योकि यह युद्ध-काल था और इस प्रकार के विचित्र आकार प्राय मुसीबत के लक्षण होते थे।

वह मित्र मालूम पडता था—वह एक छोटा और मोटा-सा मोनो-प्लेन था जिसके छद्मावरण का ऊपरी भाग हरे और भूरे रग का था तथा नीचे का भाग पीला था।

वह जल्दी ही उसके समीप पहुँच गया और उसने देखा कि उसके धड और पक्षो पर R A F का चिह्न बना हुआ था, यहाँ तक कि उसका पायलट वायुयान के काकपिट के ढकने के पर्स्पेक्स के पीछे से उसे झाँक रहा था।



ग्लॉस्टर-ह्विटल E 28/39—ब्रिटेन का पहला जेट-विमान।

फिर भी यह वायुयान कुछ विचित्र, बल्कि कुछ अशुभ भी था—यदि वह उसके समीप की वायु मे फैली हुई भयानक सीटी को भी सुन लेता तो उसका सदेह और भी दृढ हो जाता।

यकायक हरीकेन के पायलट ने एक ऐसी चीज देखी जिससे उसे सदेह होने लगा कि कहीं वह स्वप्न तो नही देख रहा है। इस वायुयान मे कोई नोदक ही नहीं था।

वह अभी यह जानने का प्रयत्न ही कर रहा था कि यह सब क्या है कि वायुयान तेजी से दूर जाने लगा और लगातार तेज होता गया

श्रौर उसकी सीटी अब कानो को बेधने वाली चीख मे बदल गई श्रौर अन्त मे जब वह सफेद रेखा उस बादलो मे गायब हो गयी तो यह चीख मन्द होकर खत्म हो गई।

वह परेशान लडाकू युवा पायलट बीस मिनट बाद वापस अपने अड्डे पर लौट आया।

आजकल हम बिना नादक के, जेट-नोदित वायुयान देखने के अभ्यस्त हो गए है। परन्तु 1941 मे वह छोटा ग्लोस्टर ह्विटल (Gloster-Whittle) E 28/39—वह वायुयान जिसे इटालियन पायलट ने देखा था—ब्रिटेन के वायुयान उद्योग का एक बडा भारी रहस्य था।

यहाँ तक कि रायल एयर फोर्स में भी कम ही लोग इसके बारे मे जानते थे, और हम निश्चय ही यह नही चाहते थे कि हमारे दुश्मनो को पता चले कि यह इतनी कुशलता से काम करता है कि ग्लास्टर कम्पनी इसी नये क्रांतिकारी प्रकार के इंजन-युक्त युग्म-जेट लडाकू विमान तैयार करने मे लगी है।

हमे पता था कि इटली वाले भी जेट मे रुचि रखते हैं। उन्होने कपरोनी कैम्पीनी N 1 (C pron Campini N 1) नामक एक अजीब-से दीखने वाले मानोप्लेन (Monoplane) के चित्र प्रकाशित किए थे जो अगस्त 1940 से उडाया जा रहा था। किसी ने इस पर गंभीरता से ध्यान नही दिया क्योकि इसका प्रणोदी जेट उत्पन्न करने वाला पंखा 900 अश्वशक्ति के एक साधारण पिस्टन-इंजन से चलता था—इस व्यवस्था को ब्रिटेन के अग्रगामी जेट-निर्माता सर फ्रैंक ह्विटल ने बेकार समझकर इसका बहिष्कार कर दिया था।

वास्तव मे, N 1 का अधिकतम वेग 233 मील प्रति घंटा (मी प्र घ) और इसे 13 000 फुट ऊपर चढने मे 53 मिनट लगते थे।

हमे उस समय यह ज्ञात नही था कि चुपचाप से जर्मनो ने इटली वालो से और हमसे भी बाजी मार ली था और युद्ध शुरू होने से कुछ दिन पहले ही अर्थात् 27 अगस्त 1939 को प्रथम सफल जेट-वायुयान हाइंकेल ही-178 (Heinkel He-178) उडा चुके थे और जेट-लडाकू विमान बनाने का पूरा पूरा प्रयत्न कर रहे थे।

परन्तु वे भी जेट नोदन के 'आविष्कारक' नही थे।

जेट-इंजन का आविष्कार किसने किया ?

इस प्रश्न का सही उत्तर तो यह है कि हम नहीं जानते !

इसका कुछ श्रेय सर आइजक न्यूटन को है क्योंकि गुरुत्व नियम की खोज—जबकि एक सेब उनके सिर पर आन पड़ा था—के साथ-साथ गति के तीसरे नियम में उन्होंने लिखा था कि "प्रत्येक क्रिया की एक समान तथा विपरीत प्रतिक्रिया होती है"।

इस रूप में लिखा होने पर यह बड़ा मामूली तथा अनाकर्षक मालूम पड़ता है—इसी प्रकार के कथनों से स्कूल की पाठ्य-पुस्तकें भरी होती हैं और यही कारण है कि भौतिकी के पाठ, जो रोचक और उत्तेजक होने चाहिए थे, वे प्राय बहुत कठिन मालूम पड़ते हैं।

फिर भी न्यूटन का गति सम्बन्धी तीसरा नियम न केवल सभी जेट-इजनों के डिजाइन तथा सक्रिया का आधार है बल्कि यह भी बतलाता है कि किस प्रकार रॉकेट-इजनों मे लस अन्तरिक्ष-यान आकाश मे तेजी से उड़ते हुए चन्द्रमा और हमारे सौर-परिवार के अन्य ग्रहों तक जा सकते हैं।

कई लोगों का अब भी यह विश्वास है कि जेट या रॉकेट विमान की रेचन गैसों का उसके पीछे की वायु पर जो दाब पड़ता है उसी से वह चलता है। यदि यह सच होता, तो जो इजन आज प्रचलित हैं उनसे हम अन्तरिक्ष की यात्रा कभी नहीं कर सकते थे क्योंकि रॉकेट को आगे धक्का देने के लिए अन्तरिक्ष में कोई वायु नहीं है।

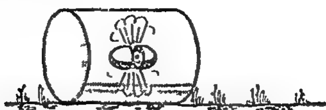
वास्तव में एक जेट या रॉकेट ठीक उसी प्रकार कार्य करता है जैसे कि पिस्टन इजन और नोदक अर्थात् वायु को पीछे धकेलकर, जिसमे न्यूटन के नियम के अनुसार, प्रतिक्रिया से वायुयान आगे की दिशा मे नोदित होता है।

कैसे ?

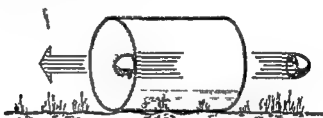
इसके लिए कल्पना कीजिए कि आप किसी व्यक्ति के सामने बर्फ-स्केटिंग रिंक पर खड़े हैं और आप उसे धकेलते है। वह पीछे की तरफ जाएगा—और आप भी पीछे की तरफ ही जाएगे ! यही प्रतिक्रिया है।

यदि आपकी समझ मे यह नहीं आ रहा हो कि स्केटिंग का जेट-

विमानो से क्या सम्ब ध है तो आप कल्पना कीजिए कि यदि रद्दी की बाल्टी मे एक बम फटकर दो भागो मे टूट जाए तो क्या होगा जबकि वह इस प्रकार पडी हो



जैसे ही दो भाग टूटकर अलग होते हैं, उनमे से एक भाग रद्दी की बाल्टी के खुले भाग मे निकलकर उड जाएगा और उसका इसमे कोई और योगदान नही होगा। दूसरा अर्ध भाग बाल्टी के तले से टकराएगा जिससे वह निम्न रूप मे गति करेगी



जेट-इजन को एक अच्छे प्रकार की बाल्टी के रूप मे माना जा सकता है जिसमे ईंधन और वायु के मिश्रण से एक दहनशील गैस बनती है जो लगातार जलती रहती है। इससे बहुत अधिक ऊर्जा मुक्त होती है जिससे गैस फैलकर इजन के पिछले भाग के एक छिद्र से बडे वेग से निकलती है।

यह न्यूटन के नियम की 'क्रिया' (action) है जैसा कि स्केटिंग रिंक पर धकेलना या रद्दी की बाल्टी मे बम था। विपरीत दिशा मे 'समान तथा विपरीत प्रतिक्रिया' होती है जो इजन के ढाँचे पर धक्का लगाती है और वह आगे बढने लगता है। पीछे मे निकलने वाली गैसे भी कार्य करती हैं जिनके बारे मे हम आगे बताएगे।

अभी तो हम यह पता लगाते है कि प्रतिक्रिया से गति उत्पन्न करने की यह विधि—जिसे प्रतिक्रिया-नोदक (reaction propulsion) कहते हैं—सबसे पहले कब उपयोग मे लाई गई थी।

जल्दी ही यह स्पष्ट हो जाता है कि सरलतम रूप मे जेट-इजन इतना नया नही है जितना कि हम अनुमान था। वास्तव मे इसका उदाहरण

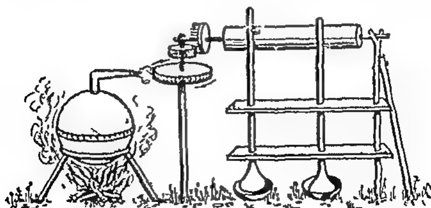
दो हज़ार वर्ष पूर्व तक मिलता है। इसके आविष्कारक अलेक्ज़ेंड्रिया के दार्शनिक हीरो (Hero) ने इसे जेट-इंजन नहीं कहा था, परन्तु उसका 'एयोलिपाइल' (Aeolipile) उसी सिद्धांत पर कार्य करता था जो आज के किसी शक्तिशाली जेट में प्रयुक्त होता है।



हीरो का एयोलिपाइल—'जेट इंजन' का सबसे पहला ज्ञात नमूना।

इसमें एक गोला होता था जो दो खोखले खम्भों के बीच घूम सकता था जिनमें से होकर आग पर रखी बंद केतली में उत्पन्न भाप गोले में जाती थी। गोले के विपरीत भागों में L-आकार की दो साधारण नलियाँ लगी थीं और इनमें निकलने वाली भाप से बने जेट से जो प्रतिक्रिया होती थी उससे गोला घूमने लगता था।

यह माना जाता है कि 'एयोलिपाइल' का ही एक रूप मंदिरों के भारी द्वार खोलने के लिए प्रयुक्त किया जाता था परन्तु 1629 तक उसमें और कोई प्रगति नहीं हुई, जब जिओवानी ब्रांका (Giovanni Branca)



ब्रांका की आरम्भिक भाप-टरबाइन जिसे एक कूटने वाली मशीन को चलाने के लिए उससे जोड़ा गया है।

नामक एक इटेलियन ने भाप-टरबाइन का एक आरम्भिक नमूना बनाया। उसका विचार था कि एक शक्तिशाली भाप का जेट एक पत्तेदार पहिए पर डाला जाए जिसे लकड़ी के स्क्रू दातेदार पहिए के साथ सम्बन्धित करके सरल मशीनें चलाई जा सकें।

उसका यह आविष्कार सैकडो वर्ष समय-पूर्व था, जब उसे सफल बनाने के लिए उपयुक्त सामग्री और अनुभव प्राप्त न था। परन्तु आज कल की औद्योगिक भाप-टरबाइनो और जेट-इजनो मे यही मूल सिद्धान्त प्रयुक्त होता है।

अन्य आविष्कारको ने, हीरो की भाँति, जेट से ही सब काम लिया जिसमे टरबाइन और चालक-शैफ्ट की कोई भी जटिलता नही थी, और 1867 मे बटलर और ऐडवर्डस नामक दो अग्रेजो ने एक जेट-नोदित वायुयान का पेटेन्ट कराया और इस प्रकार इतिहास मे उनका नाम भुलाया नही जा सकता। और तो और हमारे आधुनिक उच्च वेग वाले विमानो की तरह उसमें डेल्टा-पक्ष (delta-wings) भी थे।



बटलर और ऐडवर्डस का भाप चालित डेल्टा-पक्ष जेट का नमूना, 1867।

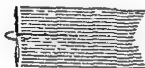
जब 1903 मे राइट बन्धुओ ने सिद्ध किया कि वायुयान उडाया जा सकता है तो जेट-नोदन मे फिर से रुचि बढी क्योकि यह महसूस किया गया था कि उस आदि 'छड एव धागे' वाले बाक्स-काइट (Box-kite) बाइप्लेन को जमीन से ऊपर उडाने का एकमात्र यही तरीका हो सकता था कि उसके इजनो को जहा तक सम्भव हो सरल और हल्का होना चाहिए।

दुर्भाग्यवश, कोई भी योजना सफल न हो सकी क्योकि इजन इतना बडा जेट उत्पन्न नही कर सकते थे जो प्रभावी हो सके और जल्दी ही पिस्टन-इजन और नोदक वायुयानो के नोदन के लिए प्रामाणिक साधन माने जाने लगे।

जैसा कि पहले बताया जा चुका है उनमे भी न्यूटन के गति के

तीसरे नियम का उसी तरह प्रयोग होता है जैसा कि जेट-इजन में। मूल अन्तर यह है कि नोदक से वायु के चौडे स्तम्भ को काफी धीरे-धीरे पीछे हटाकर प्रतिक्रिया उत्पन्न की जाती है जब कि जेट-इजन वायु के पतले स्तम्भ को बहुत तेजी से पीछे फेंकता है।

वायुयान के इतिहास में काफी पहले ही यह स्पष्ट हो चुका था कि जब तक वह नोदक पर निर्भर रहेगा वह कभी भी बहुत अधिक चाल या ऊँचाई प्राप्त नही कर सकेगा। 30 000 फुट से ऊपर वायु इतनी विरल होती है कि नोदक काफी वायु ग्रहण नही कर सकता और रूढ नोदको को उच्चतर चाल मे घुमाए जाने की भी एक सीमा है।





एक नोदक वायु के चौडे स्तम्भ को काफी धीरे-धीरे पीछे फेंकता है। जेट-इजन वायु के पतले स्तम्भ को बहुत तेजी से पीछे फेंकता है।

फ्रास म लोरी और मेलो (Lorin and Melot) तथा इगलैंड मे हैरिस जैसे इजीनियरो का विश्वास था कि यह वायु जेट-इजन से हो सकता है और उन्होने इसमे इतनी प्रगति की कि फानबोरो (Farnborough) के रॉयल वायुयान सस्थान को 1926 में इसमे काफी रुचि पैदा हुई।

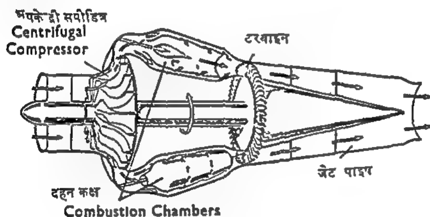
परन्तु इस कहानी की अन्तिम सफलता का आरम्भ दो वर्ष बाद ही हो सका जब क्रेनवल के रॉयल एयर फोर्स कॉलिज के एक युवा कैडेट ने 'वायुयान निर्माण म भावी विकास' पर एक शोध-निबन्ध लिखा।

R A F का सबसे तेज चलने वाला लडाकू 1928 मे केवल 150 मी प्र घ की चाल से उडता था, परन्तु उसे उस समय की प्रतीक्षा थी जब वायुयान 500 मी प्र घ की चाल से इतनी ऊँचाई पर उड़ सकेंगे जहाँ वायु समुद्र-तल की तुलना मे अत्यधिक विरल हो। पिस्टन-इजन और नोदको से यह कभी सम्भव नही हो सकता था और उसने नोदको को चलाने के लिए रॉकेट या जेट-इजन का उपयोग किए जाने का सुझाव दिया।

उसका नाम था फ्रैंक ह्विटल (Frank Whittle)।

जेट-इजन किस प्रकार कार्य करता है

अभी तक हमने केवल इतना ही जाना है कि जेट-इजन, वायु के एक पतले स्तम्भ का बडी तेजी के साथ पीछे धकेलकर, प्रतिक्रिया के सिद्धान्त पर काय करता है। फ्रैंक ह्विटल ने अपने सिद्धान्त का किस प्रकार एक सफल वाययान शक्ति सयत्र मे परिवर्तित किया इसका पूरा वणन प्रस्तुत करने से पहले हम उसके सबसे महत्त्वपूण अगो के बारे मे कुछ जान लेना चाहिए।

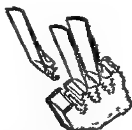


गाबलिन टर्बोजेट की रेखाकृति

सबसे पहली चीज तो यह है कि इसका उपयुक्त पारिवारिक नाम गैस-टरबाइन है क्योंकि इजन का मुख्य भाग एक टरबाइन ही होता है जो तप्त गैस जेटो के एक घेरे से उच्च चाल से घुमाया जाता है। और लडाकू विमान तथा उच्च-चाल वाले वायुयानो मे जिस प्रकार की गैस-टरबाइन प्रयुक्त होती है उसे टर्बोजेट कहते है।

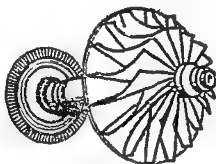
ब्रिटिश लडाकुओ के लिए शक्ति सयत्र के रूप मे बनाए गए टर्बोजेटो मे से एक ऊपर चित्रित किया गया है, इसका नाम 'दे हैविलण्ड गॉबलिन' (de Havilland Goblin) है, यह ह्विटल के डिजाइन पर बने सरल टर्बोजेट का एक अच्छा उदाहरण है। यदि आप इसे अन्दर से देखें तो यह काफी जटिल मालूम पडता है परन्तु मूलत इसमे एक ही

गतिमान अग है—एक शैफ्ट जिसके अग्र सिरे पर एक सम्पीडित्र और पश्च सिरे पर एक टरवाइन लगी है।



ये टरवाइन पटल टरवाइन की डिस्क मे 'फर वृक्ष' की जडो की तरह लगे होते हैं, यही विधि ससार के अधिकाश इजन निर्माताओं द्वारा प्रयुक्त की जाती है।

गॉबलिन के सम्पीडित्र मे एक डिस्क और त्रिज्य फलक होते है, और इसकी टरवाइन भी एक डिस्क के रूप म होती है जिसके घेरे मे 83 छोटे नोदक-नुमा पटल (जिन्हे अमरीका मे 'वकेट' अर्थात् वाल्टी कहते है) होते है। इस प्रकार पूरा शैफ्ट सयोजन देखने मे ऐसा लगता है



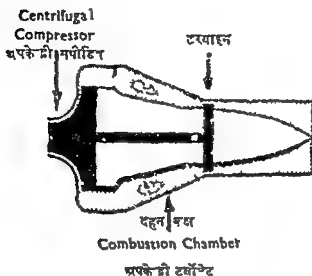
शैफ्ट पर लगे अपकेन्द्री सम्पीडित्र और टरवाइन।

सम्पीडित्र और टरवाइन के बीच मे 16 पृथक् वृत्ताकार दहन-कक्षो का एक घेरा होता है और पूरे इजन का रेखाचित्र उससे अधिक विस्तार के साथ नही बनाया जा सकता जितना कि अगले चित्र (पृ 18) मे दिखाया गया है।

इसमे ऐसा होता है कि वायु इजन के अग्र भाग से ली जाती है और सीधी सम्पीडित्र मे भेजी जाती है जो अधिकतम चाल पर 10,000 चक्र प्रति मिनट तक की दर से घूमता है।

यह वायु जो 40 पौड वर्ग इच तक सपीडित हो जाती है अब वक्र फलको से पीछे इजन के चारो ओर स्थित दहन-कक्षो मे भेजी जाती है।

वहाँ पर ईंधन-ज्वालक दहन-कक्ष मे जलता हुआ मिट्टी का तेल छोड़ते हैं जो सम्पीडित वायु के साथ एक मिश्रण बनाता है जिससे ताप बढ़ जाता है और गैसो की ऊर्जा इतनी अधिक बढ़ जाती है कि ये इजन के पीछे से निकलने के लिए टरबाइन के पटलो के पास बहुत तीव्र गति से प्रसारित होती हैं।



अपकेन्द्री टर्बोजेट

इससे टरबाइन इतनी तेजी से घूमती है कि उससे 6000 से भी अधिक अश्वशक्ति उत्पन्न होती है। और चूकि टरबाइन और सम्पीडित्र एक ही शैफ्ट के विपरीत सिरो पर लगे होते हैं इसलिए यह शक्ति सम्पीडित्र को चलाने के लिए प्रयुक्त होती है जिससे कि कुछ क्रम चालू रहता है।

टरबाइन के पटलो से गुजरने के बाद भी गैसो मे काफी ऊर्जा रहती है और उन्हे एक पुच्छ-नली द्वारा नोदक नोजिल मे पहुचाया जाता है जहा वे 1000 मी प्र घ मे भी अधिक वेग से निकलती हैं।

सपाट दौड़ता हुआ गॉबलिन 100 टन वायु प्रति घंटा लेता है और इतनी वायु-भार के अत्यधिक वेग से निष्कासन के कारण अग्र दिशा मे 3500 पौंड प्रणोद उत्पन्न होता है।

इसी प्रतिक्रिया से उस वायुयान का नोदन होता है जिसमे टर्बोजेट होता है, इसलिए टर्बोजेट की शक्ति हमेशा पौंड प्रणोद' ('pounds thrust') मे व्यक्त की जाती है।

परन्तु यह याद रखना चाहिए कि बल या प्रणोद स्वय शक्ति नही होता। बल और चाल का गुणनफल शक्ति होता है। टर्बोजेट और पिस्टन-

इजन की शक्तियो की तुलना करने से पहले हमे इसे अच्छी तरह समझ लेना चाहिए। फिर भी सीधी तुलना आसान नही है, परन्तु निम्नलिखित सूत्र से काफी विश्वस्त परिणाम प्राप्त होगे और कम-से-कम ध्वनि से कम वेग के लिए तो होंगे ही (यह वेग समुद्र-तल पर 760 मी प्र घ और और 36,000 फुट पर 660 मी प्र घ होता है)

$$\text{अश्वशक्ति} = \frac{\text{पौंड प्रणोद} \times \text{वायुयान की चाल}}{375}$$

इस प्रकार यदि गॉबलिन इजन-युक्त कोई वायुयान पूरी शक्ति पर 500 मी प्र घ की रफ्तार से उड रहा हो तो इजन से उत्पन्न तुल्य अश्वशक्ति

$$\frac{3500 \times 500}{375}, \text{ या } 4667 \text{ अश्वशक्ति}$$

होगी।

इससे अच्छी तरह स्पष्ट हो जाता है कि टर्बोजेट से वायुयानो की कार्यक्षमता मे इतनी जबरदस्त प्रगति कैसे हो सकी। इसका कारण यह है कि गॉबलिन का भार केवल 1630 पौंड होता है जबकि अधिकतम शक्ति वाला आधुनिक पिस्टन-इजन, जो 1100 अश्वशक्ति कम उत्पन्न करता है, 3682 पौंड भार का होता है।

भार मे यह बचत कुछ हद तक इसलिए लाभहीन हो जाती है कि गैस-टरबाइन के इजन बहुत प्यासे होते हैं, पिस्टन-इजनो की तुलना मे वे काफी अधिक तेजी से ईंधन हडपते है इसलिए समान दूरी की उडान के लिए ईंधन का काफी अधिक भार ले जाना पडता है। परन्तु पिस्टन-इजन 50,000 फुट या उससे अधिक ऊचाई पर 500 मी प्र घ से अधिक वेग प्राप्त करने मे असमर्थ है—इसलिए यदि हम अच्छी कार्यक्षमता चाहते हैं तो हमे अधिक ईंधन खर्च करना पडेगा।

इसके अलावा गॉबलिन एक आरभिक प्रकार का टर्बोजेट है और इसे केवल सरलता के लिए ही उदाहरणस्वरूप चुना गया था। जब यह वैम्पायर लडाकू विमान के लिए सबसे पहले निर्मित किया गया था तब से उसके डिजाइन में काफी प्रगति हो चुकी है, और तुल्य प्रणोद के प्रतिरूपी आधुनिक ब्रिटिश टर्बोजेट, 3410 पौंड प्रणोद के रौल्स-रॉइस ब्रिस्टल वाइपर-522, का भार केवल 756 पौंड है जोकि गॉबलिन के

भार के आधे से भी कम है।

पिस्टन-इजनो की तरह टर्बोजेट की दक्षता और शक्ति मुख्यत प्राप्त सम्पीडन की कोटि पर निर्भर करती है और डिजाइन मे जो विकास होते है वे 'दाब अनुपात' नामक राशि को बढाने की दृष्टि से होते हैं।

गॉबलिन के सबसे अच्छे नमूने का दाब अनुपात 3 67 1 था, जिसका अर्थ है कि यदि इजन मे वायु सामान्य समुद्र-तल दाब 14 7 पौंड प्रति वर्ग इच पर प्रवेश कर रही हो तो वह 14 7×3 67 या लगभग 54 पौंड प्रति वर्ग इच सम्पीडित होकर दहन-कक्षो तक पहुँचेगी।

इस प्रकार के इजनो का दाब अनुपात बढाने की एक सरल विधि यह है कि पहले सम्पीडित्र के पीछे एक दूसरा सम्पीडित्र लगा देते है जिससे आगे वाले सम्पीडित्र से निकली हुई सम्पीडित वायु को दूसरे सम्पीडित्र से भी होकर गुजरना पडता है और दहन-कक्षो तक पहुचने से पहले वह और भी अधिक सम्पीडित होकर जाती है।

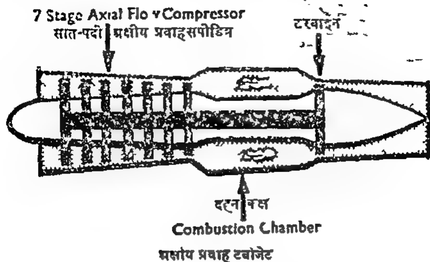
इस व्यवस्था को द्वि पदी सम्पीडित्र (two stage compressor) कहते है और इससे काफी अधिक शक्ति प्राप्त होती है हालांकि अतिरिक्त सम्पीडित्र को चलाने के लिए टरबाइन को नोदक गैसो मे और अधिक ऊर्जा लेनी पडती है और फिर भार भी अधिक हो जाता है।

आम तौर से जब अधिक शक्ति की जरूरत होती है तो निर्माता बिल्कुल भिन्न प्रकार के सम्पीडित्रो का उपयोग करते है।

गॉबलिन मे जिस सम्पीडित्र का उपयोग होता है उसे अपकेन्द्री सम्पीडित्र कहते है क्योकि यह वायु को पार्श्व मे या अपकेन्द्री रूप मे फेंकता है। इस प्रकार के इजन को प्राय अपकेन्द्री टर्बोजेट कहते है।

अधिकाश आधुनिक उच्च-शक्ति वाली गैस-टरबाइनो मे एक चीज होती है जिसे अक्षीय-प्रवाह सम्पीडित्र (axial flow compressor) कहते हैं। उसमे वायु सीधे (अक्षीय रूप से) सम्पीडित्र डिस्को की श्रेणी मे गुजरती है जिनके घेरो मे पटल लगे रहते है। वे टरबाइन की डिस्कों के समान दिखाई पडती है। इस प्रकार के बने सम्पीडित्र मे यदि सात डिस्के हो तो उसे सात-पदी अक्षीय प्रवाह सम्पीडित्र कहते है।

दो-पदी (two-stage) अपकेन्द्री सम्पीडित्र की भाँति जब वायु एक-एक पद मे होकर गुजरती है तब वह अधिकाधिक सम्पीडित होती जाती है और 10 000 पौंड प्रणोद की श्रेणी वाले काफी शक्तिशाली अक्षीय-प्रवाह टर्बोजेट मे 16 सम्पीडन पद तक हो सकते है जिससे की 12 5 1



अक्षीय प्रवाह टर्बोजेट

का दाब अनुपात या 183 75 (=14 7×12 5) पाड प्रति वर्ग इच तक का दाब उत्पन्न हो सकता है।

जैसा कि हम आगे देखेंगे कई प्रकार के अक्षीय-प्रवाह टर्बोजेट होते हैं। दहन-कक्ष के भी नये-नये रूप बनाए गए हैं जो सम्पीडित्रो द्वारा ठूसी जाने वाला वायु के अधिकाधिक परिमाणो को सभाल सकत हैं।

सभी प्रारम्भिक ब्रिटिश टर्बोजिटो मे पृथक्-पृथक् कक्ष होते थे जिनमे एक अन्दर वालो ज्वाला-नालका होती थी। उसमे दहन होता था और वह एक बाहरी खाल मे इस प्रकार फिट करके रखी जाती थी कि उनके बीच मे शीतकारी वायु प्रवाहित की जा सके जैसा कि नीचे दिखाया गया है

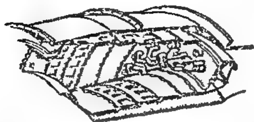

साधारण दहन कक्ष।

सम्पीडित्र से आने वाली वायु उसकी दीवारो के छिद्रों से भीतरी ज्वाला-नलिका मे जाती है। इधन सप्लाई पाइप और ज्वालक भीतरी ज्वाला-नालका के कोने मे होते हैं।

कई अद्यतन उच्च-शक्ति वाले टर्बोजेटो मे अब एक अकेला वलयाकार (छल्ले के आकार का) कक्ष होता है जिसमे इजन के गिर्द स्थित दो बेलनाकार दीवारो के बीच मे दहन होता है क्योकि इससे इजन के किसी व्यास के लिए सबसे बडा काट-क्षत्र (cross sectional area) प्राप्त होता है। दूसरो मे, विशेषकर 10,000 पौंड प्रणोद वाले प्रैट एंव ह्विटने J 57

(Pratt and Whitney J 57) मे, दो वलयाकार कक्षो का सयोजन होता है जिन्हे 'कैनुलर' (cannular) दहन-कक्ष कहते हैं क्योंकि उनमे कई पृथक् ज्वाला-नलिकाएं होती हैं [जिन्हे अमरीका मे 'कैन' (cans) कहते है] जो एक बाहरी वलयाकार कक्ष के अन्दर रहती हैं।

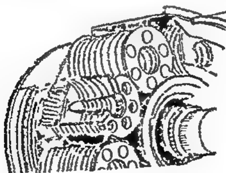
टर्बोजेट के मुख्य अगो के बारे मे इतना ही वर्णन देंगे।



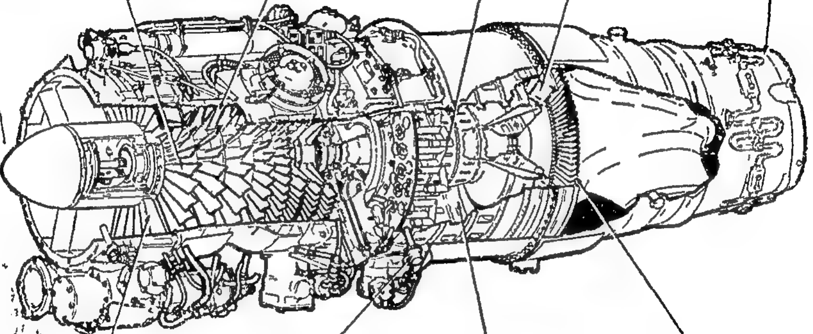
एक वलयाकार (छल्ले के आकार का) दहन-कक्ष का कटा भाग जिसमें दो भीतरी दीवारों के बीच हुक के आकार की वायु और ईंधन सप्लाई नलिकाएं दिखाई गई हैं।

बाकी भाग, जो महत्त्वपूर्ण है, सामने के पृष्ठ पर अकित रोल्स-रॉइस ब्रिस्टल वाइपर-522 टर्बोजेट के काट रेखाचित्र मे दिखाए गए हैं।

नासिका-की-गोली मे गियर होते हैं जो विद्युत्-स्टार्टरो द्वारा चलते है और गोलाकार वायु अन्तर्ग्राही खोल (circular air intake casing) के नीचे लगे होते है और इस गियर से इजन-स्टार्टर का मुख्य सम्पीडित्र-टरबाइन शैफ्ट घूमता है। (अन्य प्रकार के इजनो के स्टार्टरो मे एक जलते हुए छर्रे से निकली हुई गैसो का या आइसो प्रोपाइल-नाइट्रेट जैसे द्रव प्राणोदक की गैसो का या सम्पीडित वायु का उपयोग एक छोटी टरबाइन चलाने के लिए किया जाता है जो सम्पीडित्र-टरबाइन शैफ्ट को चलाती है।)



J 57 टर्बोजेट का 'कैनुलर' दहन-कक्ष, इसमें बाहरी वलयाकार खोल के अन्दर पृथक् ज्वाला-नलिकाएं दिखाई गई है। इनमे से एक का कटा भाग दिखाया गया है।



Cutaway drawing of Viper turbojet

वाइपर टर्बोजेट का एक काट रेखाचित्र

सम्पीडित्र के सामने प्रवेश मार्गदर्शक फलक की पंक्तियाँ होती है जो वायु के सम्पीडन के प्रथम चरण पर पहुँचने से पहले उसके प्रवाह को सरल कर देती है। सम्पीडित्र डिस्क के चल (rotor) पटलो की प्रत्येक पंक्ति के बीच म बाहरी खाल पर भी स्थिर (stator) पटलो की पंक्तिया होती हैं जो वायु का विभिन्न चरणा से सरलता से गुजरने मे मदद करती है।

वायु और ईंधन को वलयाकार दहन-कक्षो के अन्दर स्थित हुक के आकार की वाष्पन नलियो मे रख दिया जाता है और इस मिश्रण को विद्युतीय विधि से प्रज्वलित किया जाता है। तप्त गैसें पश्च दिशा मे नोजिल-गाइड फलको की पंक्ति से गुजरती है और वहाँ से टरबाइन के पटलो मे गुजरकर जेट-पाइप से निकलती हैं। सम्पीडित्र-खंड को कुछ तप्त गैस भीतर आने वाली वायु को गरम रखने तथा उड़ान के दौरान उसे जमने से बचाने के लिए नलियो के द्वारा आगे ले जायी जाती है।

वाइपर-522 मे एक-पद वाली टरबाइन होती है परन्तु दो-पदी टरबाइन म इन पदो के बीच मे स्थिर स्टेटर पटलो की प्राय एक और पंक्ति होती है।

अन्त मे, एक चालक-शैफ्ट मुख्य शैफ्ट के सामने से बेवल गियरिंग (bevel gearing) से इजन के नीचे स्थित गियरबक्स तक जाता है, जो ईंधन-पम्प और विद्युत्-जनित्र जैसे यत्रो को चलाने के लिए प्रयुक्त होता है।

अन्तत ? यह शब्द गलत है, क्योंकि इसके अतिरिक्त और भी बहुत-कुछ है। जब हम अपने 'सरल' टर्बोजेट को बारीकी से देखते हैं तो पता चलता है कि वह इतना सरल नही होता। परन्तु फ्रैंक ह्विटल ने शुरू मे जो इजन तैयार किए थे वे वाइपर से बिल्कुल भिन्न थे।

पहला इजन तो कुछ अप्रचलित तथा उपेक्षित पीतल के वाद्य उपकरण-सा लगता था।

पहले जेट-विमान

जब फ्रैंक ह्विटल ने क्रैनवेल छोड दिया और उन्हे प्रशिक्षण के लिए प्रसिद्ध सेंट्रल फ्लाइंग स्कूल मे भेजा गया तो उन्होंने अपने एक अध्यापक

को वायुयान के जेट-इजन के बारे मे अपने विचार बताए।

इनका विकास उसी प्रकार की योजना से हुआ था जो दस वर्ष बाद एक वास्तविक टर्बोजेट के कैपरोनी-कैम्पीनी N 1 (Caproni-Campini N 1) मे प्रयुक्त की गई। ह्विटल के अध्यापक ने बताया कि उसे अपनी योजना के बारे मे सब कुछ वायु-मत्रालय के तकनीकी अधिकारियो को बता देना चाहिए।

उसने ऐसा ही किया, परन्तु उत्तर मे उसे बताया गया कि यह असभाव्य है क्योकि टर्बोजेट के अन्दर जो ताप उत्पन्न होगे उन्हे सहन करने के लिए दुनिया मे कोई धातु नही है।

हालाकि मुख्य रूप से यह सही था परन्तु उसके मित्रो ने उसे इसका एकस्व प्राप्त करने के लिए जोर दिया और इस प्रकार 1930 मे वे एकस्व रेखाचित्र प्राप्त हुए जिनमे एक आधुनिक प्रकार के टर्बोजेट के मूल लक्षणो की झलक मिलती है।

युवा आविष्कारको के लिए जीवन प्राय कम ही कृपालु होता है और जब उसके एकस्व को फिर से नया करने का समय आया तब ह्विटल उसे न करा सका। ऐसी बात नही थी कि यह कोई कठिन काम था, पर टरबाइन-निर्माण मे निपुण ब्रिटिश थॉमसन-हाउस्टन कम्पनी ने उसे बताया था कि जिस प्रकार के इजन का डिजाइन उसने तैयार किया है उसका एक ही नमूना तैयार करने की कीमत 60,000 पौड होगी।

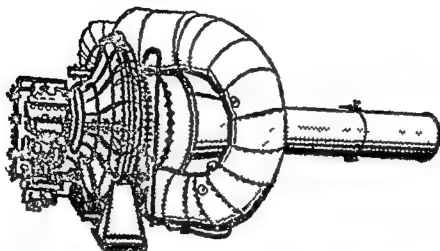
इस कहानी का अन्त यही हो जाता यदि क्रैनवेल के उसके एक भूतपूर्व कैडेट साथी ने उसे कुछ ऐसे लोगो से न मिलाया होता जो उसके इजन के निर्माण के लिए धन दिला सकते थे। उन्होने मिलकर पॉवर जेट्स लिमिटेड नामक एक कम्पनी बनाई और ब्रिटिश थॉमसन-हाउस्टन कम्पनी उसके लिए नकद भुगतान पर अलग-अलग भाग बनाने के लिए तैयार हो गई।

वायु-मत्रालय इस बात के लिए तैयार हो गया कि यदि ह्विटल उन्हे अपने एकस्व और अविष्कारो का बिना मूल्य उपयोग करने दें तो वह इजन बनाने के लिए 6 घटा प्रति सप्ताह कार्य कर सकता है।

उस प्रथम ब्रिटिश टर्बोजेट के बनाने मे जितने प्रयत्न किए गए और कठिनाइयाँ आई उनमे से कुछ का वर्णन *Great Moments in Flying* नामक पुस्तक मे दिया गया है। यदि हम उनपर विचार करें तो वे जितनी विचित्र अब लगती है उतनी उस समय नही लगती थी, यहाँ तक

कि जब कही कुछ गडबड होती थी तब ह्विटल निराश हो जाता था।

जैसी आशा थी, एक मुख्य समस्या यह थी कि उस समय ज्ञात सभी धातुएं उस अकेले दहन-कक्ष मे उत्पन्न ऊष्मा के कारण पिघल जाती थी जो इजन के चारो तरफ घुमाव लेता हुआ टरबाइन के पटलो की तरफ निर्दिष्ट रहता था। परन्तु अ तत मोंड निक्ल कम्पनी ने अपनी



ह्विटल का मूल टर्बोजेट जिसमे एक अकेला घुमावदार दहन-कक्ष दिखाया गया है।

सबसे पहली विचित्र निमोनिक निकल मिश्रधातु तयार करनी शुरू कर दी और उस समय से ऊष्मा की समस्या हल हो गई।

जब पहला आदि प्ररूप इजन तैयार हो गया जिसमे एक दहन-कक्ष के बजाय 10 छोटे दहन-कक्षो का एक घेरा था और वह जून 1939 मे पूरे नियत्रण मे 16,000 चक्कर प्रति मिनट पर चल सकने मे समर्थ हुआ तो वायु-मत्रालय ने उसमे रुचि लेना शुरू कर दिया। उन्होंने एक इजन बनाने के लिए कहा जो उडान-परीक्षण के लिए उपयोगी हो सके और ग्लॉस्टर कम्पनी के होशियार मुख्य इजीनियर डब्ल्यू जी कार्टर को एक वायुयान तैयार करने के लिए कहा जिसमे वह इजन लगाया जा सके।

इसके तुरत बाद ही युद्ध शुरू हो गया और वायु-मत्रालय ने यह निश्चय किया कि वह इस सयोजन के परीक्षण की प्रतीक्षा नही कर सकेगा। ब्रिटेन के युद्ध के समाप्त हो जाने के एक महीने बाद ही 1940 मे उन्होंने ग्लॉस्टर से 80 जेट-लडाकू प्रति मास निर्मित करने की योजना तैयार करने के लिए कहा जिनमे से हर एक मे दो नये प्रकार के ह्विटल W 2 टर्बोजेटो

से शक्ति प्राप्त की जाएगी जो उस समय तक कागज के टुकड़ो पर बने रेखाचित्र मात्र थे।

अगले वसन्त मे, 1941 मे 7 अप्रैल की शाम को E 28/39 मोनोप्लेन उडन-परीक्षण के लिए तैयार था। उसका ह्विटल W 1 इजन अच्छी तरह तैयार भी नही हुआ था, इसलिए उसमे W 1X इजन फिट कर दिया गया जो उन W 1 भागो से बना था जो बेकार कर दिए गए थे।

ग्लॉस्टर का मुख्य परीक्षण-पायलट 'गेरी' सेयर ('Gerry' Sayer) उसके कॉकपिट मे चढा और इजन को चालू किया। वह एक बारीक आवाज करने लगा। धीरे-धीरे यह छोटा विमान अतिसिक्त तथा वर्षा से भीगी घास के ऊपर चलने लगा और हालांकि उपरोध पूरी तरह खुला था फिर भी वह 20 मी प्र घ से अधिक वेग से नही चल सका।

सेयर उन तथाकथित विशेषज्ञो मे नही था जिन्होंने यह घोषणा की थी कि टर्बोजेट कभी भी इतना शक्तिशाली नही हो सकेगा कि वायुयान को भूमि से ऊपर उठा सके, और जब वह विमान को पुन मोडकर डिजाइनरो और इजीनियरो के पास लाया तो उसे बडी निराशा हुई।

पॉवर जेट्स तकनीशन इतने निराश नही थे, उन्होने बाद मे यह स्वीकार किया कि उन्होने उपरोध को इस प्रकार सैट किया था कि उससे 16,000 चक्कर प्रति मिनट के बजाय केवल 13,000 ही उत्पन्न हो। यह प्रतिबन्ध अगले दिन हटा लिया गया और हालांकि वह रद्दी W 1X इजन वास्तव मे जमीन से ऊपर नही उठा परन्तु सेयर E 28/39 मे एक-एक बार मे 200 300 गज ऊपर उठ जाता था और इस प्रकार इजन अपना महत्त्व सिद्ध करने के लिए हवा मे पहुँचने के लिए तैयार मालूम पडता था।

लगभग एक महीने बाद W 1 इजन वायुयान के ढाचे मे लगा दिया गया। परन्तु यह निश्चय किया गया कि इसकी परीक्षण-उडान ग्लॉस्टर के अपने घासयुक्त हवाई मैदान से नही की जाएगी क्योंकि एक उपयुक्त धावनपथ अधिक सुरक्षित रहेगा। इस प्रकार सयोगवश सेयर 15 मई 1941 को E 28/39 को क्रैनवेल के उसी धावनपथ से लेकर ऊपर उडा जहा ह्विटल नामक एक युवा कैडेट ने तेरह वर्ष पूर्व ऐसे ही वायुयान उडाने की कल्पना की थी।

आधुनिक वायुयानो की दृष्टि मे E 28/39 बहुत तेज नही था क्योंकि इस मूल इजन के साथ उसका उच्चतम वेग लगभग 300 मी प्र घ था। परन्तु W 1 केवल 860 पौड प्रणोद उत्पन्न करता था और यदि हम

इसे 300 मी प्र घ ेी अश्वशक्ति मे परिवर्तित करें तो वह 688 अश्वशक्ति के बराबर होगी।

दूसरे शब्दो मे E 28/39 पहले ही दिन लगभग उतने वेग से उडा जितने वेग से प्रथम-पंक्ति पिस्टन-इजनयुक्त लडाकू विमान उडते थे जबकि उसकी शक्ति उनसे आधी थी।

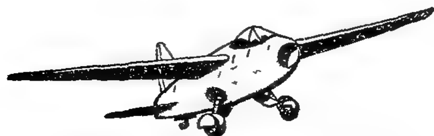
यह भविष्य की प्रगति के लिए एक निर्देश के समान था और ग्लॉस्टर ने नये उत्साह के साथ कार्य करना शुरू किया जिससे उसका नया युग्म-जेट लडाकू विमान—जिसे अब मीटियॉर (Meteor) कहते हैं—जल्दी-से-जल्दी वायु मे उडाया जा सके। इसके ह्विटल W 2 इजन का विकास सब से पहले रोवर ने और बाद मे रौल्स-रॉइस ने किया जिन्होंने इसका नाम वेलैंड रखा। इसके बाद उनकी सभी गैस-टरबाइनो के नाम प्रवाह को दर्शाने के लिए ब्रिटेन की नदियो के नाम पर रखे गए क्योंकि वायु का एक सरल झोका जेट-इजन मे लगातार प्रवाहित होता रहता है।

इस बीच जर्मनी मे काफी तेजी से प्रगति हो रही थी।

पुन 1936 मे गॉटिंजन यूनिवर्सिटी के भौतिक इंस्टीट्यूट के अध्यक्ष ने प्रसिद्ध वायुयान-निर्माता अर्नेस्ट हाइकेल को लिखा था कि उसका एक शिष्य 24-वर्षीय पैब्स्ट वॉन ओहेन (Pabst von Ohain) एक नये वायु-इजन पर काय कर रहा है जिसमे नोदक की आवश्यकता नही होगी।

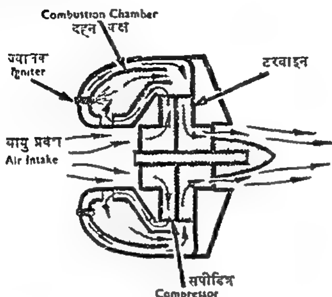
इसके बाद जल्दी ही वॉन ओहेन और उसके सहायक हान (Hahn) ने हाइकेल के यहा काम करना शुरू कर दिया जिसे सितम्बर 1937 की एक रात को अर्धरात्रि के समय टेलीफोन पर जगाकर वॉन ओहेन ने यह सूचना दी थी कि उसका इजन सफलतापूर्वक काय कर रहा है।

उससे केवल 5 महीने पूर्व ही युवा निर्माता फ्रैंक ह्विटल भी अपने प्रथम टर्बोजेट के चालू होने के समय इतना ही प्रसन्न हुआ था।



हाइकेल ही 178 (Heinkel He-178)—जेट विमान की प्रथम उडान।

वॉन ओहेन का मूल इंजन हाइड्रोजन गैस से चलता था परन्तु छ महीने के अन्दर-अन्दर He S3 गैस-टरबाइन का विकास हो गया था जिसमें पेट्रोल जलाया जाता था। उससे अगले वर्ष एक He-S3B से Heinkel He-178 मोनोप्लेन हवा में उड़ाया गया, यह संसार में जेट-विमान की पहली उड़ान थी।



वॉन ओहेन का इंजन जो He 178 में लगाया गया था।

He-S3B लगभग उसी प्रणाली पर कार्य करता था जिसपर ब्रिटेन का W 1 इंजन, और यह सम्भव है कि वॉन ओहेन ने ह्विटल के 1930 के एकस्व का अध्ययन किया हो। मुख्य अन्तर यह था कि इसके अपकेन्द्री सम्पीडित्र और टरबाइन, अकेली घूमती हुई डिस्क के विपरीत पृष्ठों पर थे और वलयाकार दहन-कक्ष अन्दर वाले खोल के साथ-साथ था। इसके फलस्वरूप यह एक सुयोजित इंजन तैयार हो गया परन्तु निश्चय ही इसका उतना विकास नहीं हो सकता था जितना कि ह्विटल के विमान के नमूने का।

इस प्रगति के होने पर भी हाइकेल को He-280 युग्म-जेट लड़ाकू विमान के उत्पादन के लिए कोई आर्डर नहीं मिला जो 5 अप्रैल 1941 को विकसित प्रकार के दो He S8 टर्बोजेटों द्वारा प्राप्त शक्ति से उड़ाया गया था। न ही उसे समान रूप से क्रान्तिकारी He-176 के विकास का ही ठेका मिला जो 30 जून 1939 को उड़ाया जाने वाला प्रथम वास्तविक रॉकेट-शक्ति-चालित वायुयान था।

इसके बजाय जर्मनो ने मैसरशमिट Me-262 जेट-लडाकू विमान का उत्पादन चालू कर दिया जिसमे 1980 पौंड प्रणोद के दो जकर्स जूमो 004B (Junkers Jumo 004B) टर्बोजेट लगे थे। अपने 527 मी प्र घ के उच्चतम वेग और 30-मिलीमीटर की चार तोपो की भारी साज-सज्जा के साथ, जिसमे बाद मे रॉकेट-मिसाइल भी लगा दिए गए थे, आरम्भ मे इसका निर्माण मित्र-राष्ट्रो के बममारो की विरचनाओ को रोकने के लिए किया गया था जिनके कारण 1944-5 मे जमनी का बहुत बडा क्षेत्र नष्ट-भ्रष्ट हो गया था। यदि उसका उपयोग इसी रूप मे होता तो इससे वायु-युद्ध का रुख जर्मनी के पक्ष मे हो सकता था। परन्तु इसमे एक वर्ष की देरी हो गई थी जब हिटलर के निजी आदेश से उसमे बम-रैक लगाए गए और उसे लडाकू के बजाय लडाकू बमवषक विमान मे बदला गया था।

इस प्रकार द्वितीय विश्वयुद्ध मे जेट-लडाकू विमान का कम उपयोग हुआ क्योकि इसके अतिरिक्त युद्ध के अग्रिम मोर्चों पर पहुचने वाले केवल रॉयल एयर फोस के ग्लॉस्टर-मीटियॉर थे जिनमे से सब से पहला विमान 5 माच 1943 को उडा था, और पुच्छरहित छोटे Me-163 रॉकेट-लडाकू विमान थे जिनमे से एक का वेग 623 मी प्र घ तक पहुँच गया था। यह सबसे पहले 1941 मे उडाया गया था।

इसके अतिरिक्त दो अमरीकी लॉकहीड शूटिंग स्टार (American Lockheed Shooting Stars) की, मायामिक परिस्थितियो मे इटली मे परीक्षण-उडान की गई थी। ये ह्विटल के डिजाइन पर आधारित इजनो द्वारा चलाए गए थे, तथा कुछ युग्म-जेट ऐराडो Ar 234B प्रहार-बममार 1945 मे यूरोप को मुक्ति के अन्तिम चरण मे मित्र-राष्ट्रो की फौजो क विरुद्ध प्रयुक्त किए गए थे।

थोडी सख्या मे भी इन विमानो ने यह निश्चित रूप से सिद्ध हो गया कि अब पिस्टन-इजनयुक्त लडाकू और बममारो का समय अधिक नही रहा। इस क्षेत्र मे जो अय प्रगतिया हुई—जैसे जमन V 1 स्पद-जेट-शक्तियुक्त उडन बम, V 2 रॉकेट, जापानी कामीकाजे जेट या रॉकेट-शक्तियुक्त आतमहत्या बममार, प्रथम आरम्भिक निर्देशित प्रक्षेपास्त्र और आग्ल-अमरीकी परमाणु-बम—उनसे युद्ध का नक्शा ही बदल गया। वास्तव मे इन से कोई दूसरा महायुद्ध असम्भव ही हो जाता।

नोदक की पुनर्स्थापना

ह्विटल और ओहेन ने नोदको को हटाने मे जो इतना परिश्रम किया कि वायुयान पहले से अधिक तेज और ऊँचे उड सके, उसके बाद यह बहुत अजीब-सा लगता है कि 1945 मे युद्ध मे विजय-प्राप्ति के तुरन्त बाद इजन-निर्माताओ ने उन्हे प्रयुक्त करना बद कर दिया।

इसका एक बडा ठोस कारण था।

इस बात की सम्भावना कम थी कि युद्ध-पूव के वर्षो मे ससार की वायु-सेनाए बडी सख्या मे नये वायुयान खरीदेंगी क्योकि उनके पास पहले से ही अपनी आवश्यकता से हजारो लडाकू तथा बममार विमान अधिक थे। दूसरी ओर लगभग सभी देशो की हवाई कम्पनियाँ असैनिक वायु-सेवा का जाल बनाने के लिए नये वायुयान खरीद रही थी।

जमनी मे वायुयानो के उत्पादन पर रोक लगा दी गई थी। अमरीका मे, लॉकहीड, डगलस और कॉनवेयर जैसी बडी कम्पनियाँ भारी सख्या मे आधुनिक पिस्टन-इजन वाले विमान बनाने मे लग गई थी। केवल ब्रिटेन मे ही असैनिक वायुयानो मे जेट-इजनो की विशाल नई शक्ति और कायक्षमता के उपयोग की योजना बनाई गई थी।

यह एक साहस का कदम था, परन्तु बहुत जरूरी भी था क्योकि युद्ध के दौरान ब्रिटेन मुख्य रूप से लडाकू और बमवषक विमान बना रहा था जबकि अमरीका मित्र-राष्ट्रो की फौजो के लिए परिवहन विमान दे रहा था। इसका परिणाम यह हुआ कि ब्रिटन के पास DC-4s और कॉन्स्टीलेशन (Constellation) जैसे आधुनिक विमान नही थे जो फौजी दस्तो के परिवहन के लिए बनाए गए थे और हवाई कम्पनियो के लिए 1946-47 मे उपलब्ध हो गए थे।

फिर भी अमरीकनो के मुकाबले मे हमे (ब्रिटेन को) वायुयान गैस-टरबाइनो के बारे मे कही अधिक ज्ञान था। अमरीकनो ने अपना जेट-उद्योग 1941 मे ब्रिटिश इजनो और डिजाइनो के आयात की सहायता मे शुरू किया था।

पिस्टन-इजन वाले विमानो के बारे मे अमरीकी प्रगति और जानकारी से हम बहुत पिछडे हुए थे इसलिए इसकमी को पूरा करनेके लिए हमने वाइकिंग एव हमज (Viking and Hermes) जैसे यान तैयार किए जिनसे B E A और B O A C का काम चल सके और अपनी सारी शक्ति और प्रयास क्रान्तिकारी टरबाइन-शक्ति-चालित वायुयानो के निर्माण पर केन्द्रित रखी जिसमे हम अपने प्रतिद्वन्द्वियो से पुन एक कदम आगे रह सकें।

इसमे कोई शक नही था कि ऐसे यानो से यात्रियो को अपने जीवन की सबसे सुविधाजनक सवारी प्राप्त होगी क्योकि टर्बोजेट इजन-युक्त वायुयान सबसे अच्छी सेवा 30,000 फुट या इससे अधिक ऊचाई की स्वच्छ वायु मे ही देता हे जहा वह हिचकोले देने वाले वायुमडल से ऊपर होता है। परन्तु गैस-टरबाइन मे पिस्टन नही होते जो प्रत्येक मिनट हजारो बार ऊपर-नीचे धमकते रहते हैं और यात्रियो की अनिश्चित कम्पन-मालिश करते रहते है जिससे हवाई यात्रा कभी-कभी बहुत थकानेवाली हो जाती है।

कम्पन न होने से वायुयान के ढाँचे और खासतौर से नाजुक उपकरण की टूट-फूट भी कम होगी और इससे वायुयान को चालू रखने वाले व्यक्ति भी खुश रहेगे। और मिट्टी का तेल—ब्रिटेन के टरबाइन-शक्ति-चालित सभी वायुयानो मे यह ईंधन प्रयुक्त होता है—पेट्रोल से सस्ता भी है तथा सुरक्षित भी है क्योकि उसका ज्वलन तापाक बहुत ऊँचा होता है जिसका अर्थ है कि सयोगवश आग पकडने के लिए ऊँचे ताप की आवश्यकता होती है।

वास्तव मे, यह तो शुरू से ही स्पष्ट था कि टर्बोजेट बडे तथा लम्बी दूरी तक जाने वाले यातायात विमानो के लिए उत्तम शक्ति सयत्र का काम करेंगे जहां चाल बडे महत्त्व की होती है और जिनमे प्यासे इजन के लिए काफी मात्रा मे ईंधन ले जाने का स्थान भी होता है, परन्तु कम दूरी के छोटे प्रकार के विमानो के लिए ये प्राय इतने अच्छे नही रहते।

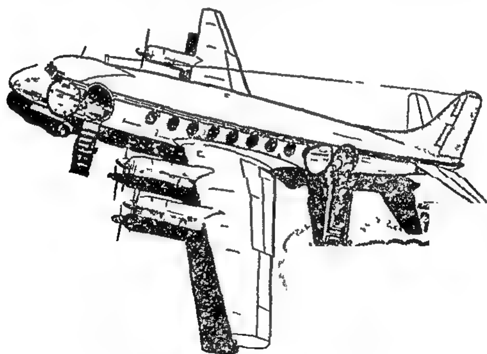
सबसे पहली बात तो यह है कि निम्न अग्रवर्ती वेग और निम्न ऊचाई पर टर्बोजेट उतना दक्ष नही होता जितना कि नोदक को चलाने वाला इजन। इसलिए टर्बोजेट को उडाने के लिए लम्बे धावनपथ की जरूरत होती है और आजकल कम दूरी के विमानो द्वारा प्रयुक्त होने वाले कुछ हवाई मैदान उनके लिए बहुत छोटे होंगे।

शुरू मे जेट-वायुयान को उतरने के बाद धीमा होने मे बहुत समय

लगता था क्योंकि इसमें पिस्टन-इंजन के उत्क्रमणीय-ढलान नोदक जैसी कोई युक्ति नहीं होती जिसके पटलों को पीछे के बजाय आगे की दिशा में हवा फेंकने के लिए मोड़ा जा सके और जो एक अच्छे ब्रेक की तरह काम करता है। परन्तु आजकल कई सैनिक जेट-विमान पैराशूट ब्रेक प्रयुक्त करके उसे जल्दी से धीमा करते हैं और बड़े जेट-विमानों में विशेष प्रणोद-उत्क्रमण युक्तियाँ होती हैं और जैसा कि हम आगे देखेंगे वे लगभग उसी तरह काम करती हैं जैसे कि उत्क्रमणीय-ढलान नोदक करते हैं।

अब देखें कि उस समय क्या होता है जब हम एक नोदक को गैस-टरबाइन के सामने रखकर एक नोदक-टरबाइन, या जैसा कि इसे कहते हैं, टर्बोप्रॉप बनाते हैं।

इसमें टर्बोजेट के अधिकांश लाभ रहते हैं—कम भार पर उच्च शक्ति, सस्ता ईंधन, देखभाल का कम खर्च लम्बी आयु और कम्पन लगभग समाप्त—और उच्च-वेग से सम्बन्धित केवल कुछ बातों में कमी होती है। चाल में कमी के बदले हमारे ईंधन में बहुत बचत होती है, वह अधिक सर्वतोमुखी रूप से उपयोगी हो जाता है क्योंकि नोदकों की सहायता से टर्बोप्रॉप वायुयान उतनी ही लम्बाई का धावनपथ काम में ला सकता है जितना कि पिस्टन-इंजन वाले वायुयान के लिए आवश्यक होता है, और



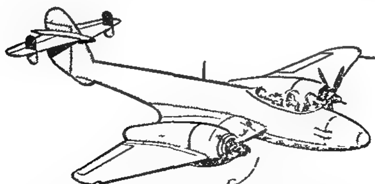
विकर्स वाइकाउण्ट—संसार का प्रथम टर्बोप्रॉप विमान।

इजन का शोर भी बहुत कम होता है।

तुलना के लिए, अमरीकी वायु-सेना के एक जनरल ने कहा है कि B-52 स्ट्रैटोफोर्ट्रेस बमबार के आठ बडे टर्बोजेटो से मिलकर इतना शोर उत्पन्न होता है मानो ससार के सारे लोगो ने एकसाथ बात करना शुरु कर दिया हो जबकि ब्रिस्टल ब्रिटेनिया-312 विमान के 4400 अश्वशक्ति के चार टर्बोप्रॉप से, ऊपर उठते समय डकोटा विमान के 1200 अश्वशक्ति के दो पिस्टन-इजनो से भी कम शोर उत्पन्न होता है। इसीलिए इसका नाम 'मर्मरी दानव' ('the whispering giant') रखा गया है।

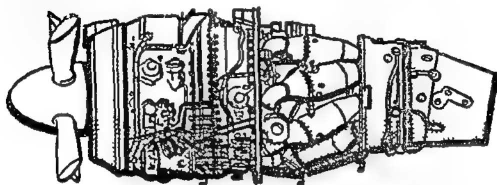
इन सब बातो की वजह से विकर्स ने जो वायुयान 1945 मे ब्रिटिश यूरोपियन एयरवेज के लिए बनाने शुरु किए उनमे बिना किसी सकोच के टर्बोप्रॉप इजन लगाए और इसके फलस्वरूप ससार-व्यापी वाइकाउण्ट विमान बने। ऐसे ही कारणो से डे हैविलैण्ड ने कॉमेट के लिए टर्बोजेट इजन पसद किए जिससे उन्हें यह आशा थी कि मध्य दूरी के परास मे ब्रिटिश ओवरसीज एयरवेज कार्पोरेशन उच्च-चाल की दृष्टि से सबसे आगे रहेगी।

उस समय भी टर्बोप्रॉप के बारे मे जानकारी कुछ कम नही थी क्योकि रौल्स-रॉइस ने 1943 मे ट्रैण्ट नामक एक प्रयोगात्मक इजन पर काम करना शुरु कर दिया था जो पाचपटल वाले नोदक को चलाने के लिए डरवेंट (Derwent) टर्बोजेट का ही सुधरा हुआ रूप था। इससे 1230 अश्वशक्ति उत्पन्न हुई और एक मीटियॉर मे दो ट्रैण्ट इजन लगाए गए जिससे ससार की सर्वप्रथम टर्बोप्रॉप उडान सितम्बर 1945 मे सम्भव हुई।



ग्लास्टर मीटियार जिसमे प्रयोग के लिए ट्रैण्ट टर्बोप्राप लगे हैं। एक इजन रुका है जिसका 5 पटल वाला नोदक दिखाई दे रहा है।

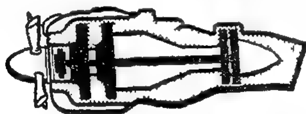
नये विकर्स वाइकाउण्ट के लिए रौल्स ने डार्ट टर्बोप्रॉप का डिज़ाइन तैयार किया और अब तक निर्मित इजनो मे से यह बहुत ही ज़ोरदार इजन है। आरम्भ मे यह 1000 अश्वशक्ति देने के लिए निर्मित किया गया था, पर इसका इतना अधिक विकास हुआ कि उससे 3245 तुल्य अश्वशक्ति तक शक्ति उत्पन्न हो सकती है।



रौल्स रॉइस डार्ट टर्बोप्रॉप

टरबाइन का नोदक चलाने के लिए किस प्रकार प्रयुक्त किया जा सकता है ?

इसके कई तरीके हैं और इनमे सबसे सरल तरीका डार्ट मे प्रयुक्त होता है जो चित्र मे दिखाया गया है



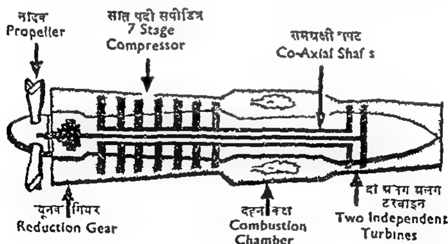
डार्ट का चित्र जिसमे द्वि पदी अपकेन्द्री सम्पीडित्र और द्वि पदी टरबाइन दिखाए गए हैं।

मूलत डार्ट मे एक द्वि-पदी अपकेन्द्री सम्पीडित्र होता है और वह उसी शैफ्ट पर आरोपित रहता है जिस पर द्वि-पदी या तीन-पदी टरबाइन होती है और उनके बीच मे सात अलग-अलग दहन-कक्ष होते है। यह बहुत साधारण टर्बोजेट प्रकार की ही रूपरेखा है, अन्तर केवल यह है कि टरबाइन मे शुरू होता हुआ शैफ्ट इतना आगे तक जाता है कि वह न्यूनक गियर और सम्पीडित्र मे से होता हुआ नोदक को चलाने के काम आता है।

इस प्रकार के इजन को प्राय 'सीधा सम्बद्ध' टर्बोप्रॉप कहते हैं और इसमे या तो अपकेन्द्री या अक्षीय-प्रवाह सम्पीडित्र हो सकता है।

ध्यान देने की एक महत्त्वपूर्ण बात यह है कि तप्त गैसो की समस्त ऊर्जा टरबाइन द्वारा नोदक को चलाने के काम मे प्रयुक्त नहीं की जाती। वे गैसें जब रेचक नोजिल से निष्कासित होती है तब भी उनमे प्रतिक्रिया द्वारा कुछ प्रणोद उत्पन्न होता है। इसलिए एक टर्बोप्राप की शक्ति इस प्रकार होती है कि जैसे मुख्य शैफ्ट मे टरबाइन मे आने वाली शक्ति 1600 शैफ्ट अश्वशक्ति (shaft horsepower) तथा 370 पौंड जेट-प्रणोद। कभी-कभी प्रणोद को अश्वशक्ति मे परिवर्तित कर देते है जिससे इजन की कुल शक्ति आसानी से व्यक्त की जा सकती है और इस उदाहरण मे उड़ान भरने के समय यह 1740 तुल्य अश्वशक्ति (equivalent horsepower) हो सकती है।

दूसरी श्रेणी के टर्बोप्रॉप मे, जिसे 'स्वतन्त्र-टरबाइन' (free turbine) प्रकार कहते हैं, दो अलग-अलग टरबाइनें होती हैं। यह द्वि-पदी टरबाइन से भिन्न है। इसके सम्पीडित्र और एक टरबाइन सामान्य विधि से शैफ्ट के विपरीत सिरो पर रहते है। अन्तर केवल यह होता है कि इसमे शैफ्ट खोखला होता है और उसके बीच मे से होता हुआ एक दूसरा शैफ्ट होता है (अर्थात् ये दो शैफ्ट तकनीकी रूप से समअक्षी कहलाते है)। नोदक इस अन्दर वाले शैफ्ट पर सामने की तरफ लगा रहता है और

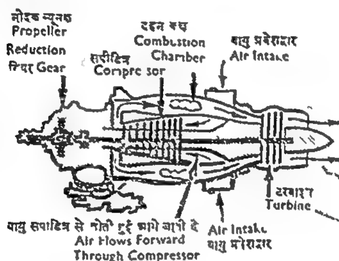


Free turbine turboprop

स्वतन्त्र टरबाइन टर्बोप्राप

दूसरी टरबाइन पिछले सिरे पर लगी होती है। इसका परिणाम नीचे के चित्र में दिखाया गया है।

ब्रिस्टल प्रोटियस टर्बोप्रॉप, जो ब्रिटेनिया विमानों में प्रयुक्त होता है, 'स्वतन्त्र-टरबाइन' प्रकार का है। यह आजकल प्रयुक्त होने वाले कुछ गिने-चुने 'विपरीत प्रवाह' (reverse-flow) इंजनों में से एक है जिसमें वायु इंजन में टरबाइन से कुछ आगे प्रवेश करती है और अक्षीय सम्पीडित्र के पीछे से होती हुई आगे को प्रवाहित होती है जहां एक अपकेन्द्री चरण में वह पार्श्व में चली जाती है और वहां से 90° के कोण पर घूमती हुई आठ दहन-कक्षों में चली जाती है।

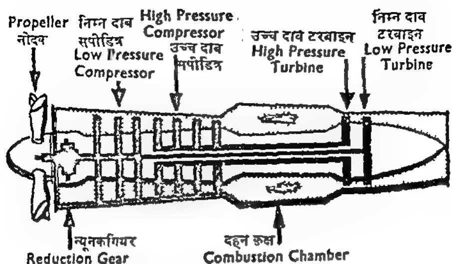


प्रोटियस टर्बोप्राप के द्वारा विपरीत प्रवाह

इससे एक कम लम्बाई का इंजन बन जाता है क्योंकि दहन-कक्ष सम्पीडित्र के गिर्द लिपटे होते है, हालांकि इससे दक्षता जरा सी कम हो जाती है।

तीसरे वर्ग के टर्बोप्रॉप 'समिश्र सम्पीडित्र (compounded-compressor) या 'दो-फिरकी' प्रकार के होते हैं जो स्वतन्त्र-टरबाइन टर्बोप्रॉप के समान ही होते है। अन्तर केवल यह होता है कि इसमें दो सम्पीडित्र और दो टरबाइनें होती है। दूसरा सम्पीडित्र पिछली टरबाइन के सामने के शैफ्ट पर नोदक के साथ आरोपित होता है जैसा कि पृ 38 पर चित्र में दिखाया गया है।

स्पष्ट है कि तीनों में 'सीधा सम्बद्ध टर्बोप्रॉप' ही सबसे सरल है



दो फिरकी वाला टर्बोप्राप

परन्तु इस बात से कई समस्याएँ उठ खडी होती है कि इसके सम्पीडित्र और नोदक एक ही शैफ्ट से चलते है। कभी-कभी विशेष रूप से उडान शुरू करने और उतरने के समय पायलट नोदक को तेज और सम्पीडित्र को अधिक मन्द या इसके विपरीत नोदक को मन्द और सम्पीडित्र को अधिक तेज चलाना चाहता है, पर चूकि दोनो साथ सम्बद्ध है इसलिए यह सम्भव नही होता। दूसरे शब्दो मे इस प्रकार के टर्बोप्रॉप मे इस दृष्टि से इतनी स्वतन्त्रता नही होती।

स्वतन्त्र-टरबाइन टर्बोप्रॉप मे नोदक और सम्पीडित्र को अलग करके हम इन कठिनाइयो को हल कर सकते हैं क्योकि पायलट नोदक की चाल और सम्पीडित्र के प्रति-मिनट-चक्कर के अनुपात मे परिवतन कर सकता है और इस प्रकार उसे इस सम्बन्ध मे अधिक स्वतन्त्रता रहती है तथा नियन्त्रण सरल होता है और ईंधन मे भी अधिक बचत होती है।

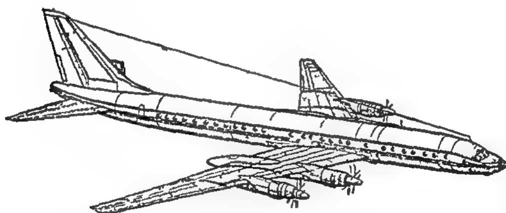
दो फिरकी वाले टर्बोप्रॉप म इनके अतिरिक्त अपने कुछ अन्य लाभ भी है और रौल्स-रॉइस टाइन (Rolls-Royce Tyne) से इस बात का अच्छी तरह पता लग सकता है कि इनम यातायात विमान के लिए एक उत्कृष्ट शक्ति सयन्त्र किस प्रकार बन जाता है।

अग्र और पश्च सम्पीडित्रो का क्रमश निम्न दाब (low pressure) और उच्च-दाब (high pressure) सम्पीडित्र कहते हैं क्योकि वायु जैसे-जैसे इजन म मे आगे बढ़ती जाती है वैसे वस वह अधिकाधिक सम्पीडित

होती जाती है। इजन के दूसरे सिरे पर उच्च-दाब टरवाइन और उच्च-दाव सम्पीडित्र एक ही शैफ्ट पर होते है और निम्न-दाब टरवाइन तथा निम्न-दाब सम्पीडित्र एक ही शैफ्ट पर होते है।

इसकी कार्य-विधि को समझने का सबसे अच्छा तरीका यह है कि उच्च-दाब सम्पीडित्र, दहन-कक्ष और उच्च-दाव टरबाइन को इजन के 'वाष्पित्र' या गैस-उत्पादक भाग के समान मानिये। इनसे उच्च-वेग की भाप और निम्न-दाब टरबाइन को चलाने के लिए उच्च-ताप की गैस प्राप्त होती है जो फिर निम्न-दाब सम्पीडित्र और नोदक को चलाती है। वायु को इजन के 'वाष्पित्र' खड मे पहुचने से पहले उसे सम्पीडित करके टाइन (Tyne) का निम्न-दाब सम्पीडित्र वास्तव मे उच्च-दाब सम्पीडित्र के लिए एक अतिभरक का कार्य करता है।

चूकि निम्न-दाब और उच्च-दाब तत्रो के बीच मे कोई सम्बन्ध नही होता इसलिए 'वाष्पित्र' खड को अत्यधिक दक्षता के साथ चलाया जा सकता है और उसके साथ-साथ नोदक तत्र भी अत्यधिक कार्यकुशल रखा जा सकता है।



रूसी तूपोलेव Tu 114।

चार शक्तिशाली टर्बोप्राप होने के कारण यह अब तक बने वायुयानो मे सबसे तेज नोदक-चालित वायुयान है और लम्बी दूरियो के लिए इसकी उडन-चाल 465 500 मी प्र घ है।

कुछ पृष्ठ पूर्व हमने कहा था कि अपेक्षाकृत छोटे तथा कम दूरी के विमानो के लिए टर्बोप्रॉप सबसे उत्तम शक्ति सयत्र का कार्य करते है परन्तु नवीनतम रूपो मे टाइन (Tyne) 6100 से भी अधिक अश्वशक्ति देता है तथा विकर्स वैनगार्ड जैसे बडे 97/139 सीट वाले और शॉर्ट बेल्फास्ट नामक भारी सैनिक मालवाहक विमानो को शक्ति प्रदान करने के काम आता है।

इसमें कोई विचित्र बात नही है। इसका अर्थ केवल इतना है कि टर्बोप्रॉप विमानो को कितनी भी लम्बी उडान के लिए प्रयुक्त किया जा सकता है बशर्ते कि 500 मी प्र घ मे अधिक वेग की आवश्यकता न हो।

वास्तव मे 400 425 मी प्र घ वाले ब्रिटेनिया और वैनगाड मे 600 मी प्र घ वाले जेट-विमानो से भी अधिक लाभ हैं। वे कम शोर करते है और अधिक उपयोगी हैं क्योकि व ऐसे हवाई अड्डो से भी उडाए जा सकते है जो पूर्ण-भारित जेटो के काम नही आ सकते और इसके अलावा कई सेवाओ के लिए सचालन मे भी सस्ते होते हैं।

परन्तु चाल बहुत महत्त्वपूर्ण होती है क्योकि यही तो मुख्य और बल्कि एकमात्र लाभ है जो तल-यात्रा की तुलना मे वायु-यात्रा मे प्राप्त होता है और कुछ यात्री तो सबसे तेज चलने वाले वायुयान पसन्द करेंगे चाहे इसके लिए उन्हें अधिक किराया क्यो न चुकाना पडे।

क्या यह कभी सम्भव होगा कि टर्बोप्रॉप यातायात-विमान 500 मी प्र घ से अधिक तेज उड सके?

इसका उत्तर है 'हा'।

रूस की राष्ट्रीय वायु-सेवा एयरोफ्लोट (Aeroflot) के पास नियमित उडान के लिए अब भी कुछ तूपोलेव Tu 114 विमान है जिनमे मे प्रत्येक 14,795 तुल्य अश्वशक्ति वाले चार टर्बोप्रॉप से शक्ति प्राप्त करता है। इससे उनका उच्चतम वेग 540 मी प्र घ से भी अधिक हो जाता है। ये विशाल वायुयान 220 यात्री तक ले जा सकते हैं और उनमे लगे टर्बोप्रॉप उन्हे 478 मी प्र घ की गति से 5500 मील से भी अधिक दूर ले जाते है। टर्बोप्रॉप वायुयान मे तो सम्भवत इससे अधिक तेज चलना असम्भव होगा जब तक कि डिजाइनर (designer) नोदको को पराध्वानिक चाल से न घुमा सकें और इस प्रकार के नोदको [illegible] फलतापूर्वक बन [illegible] न बडी भारी उपलब्धि होगी।

जेट-परिवार

अभी तक हमने केवल अपकेन्द्री टर्बोजेट (Centrifugal Turbojet, पृ 18), अक्षीय-प्रवाह टर्बोजेट (Axial flow Turbojet, पृ 21) और तीन प्रकार के टर्बोप्रॉप (पृ 35 38) पर ही विचार किया है। 1954 55 से पहले के पायलटयुक्त वायुयानो के लिए बडी सख्या मे बनी गैस-टरबाइनो मे इनमें से ही किसी एक विधि का प्रयोग किया जाता था।

परन्तु वायुयान-निर्माता, वायु-सेना के नेता और यात्री-विमान कम्पनियो के लोग बडे अधीर होते है। जसे ही उनके हाथ मे एक विमान या एक इजन आता है वे तुरन्त ही उससे अच्छे नमूने की फिक्र मे लग जाते है। उच्च वेग, कुल मिलाकर कम खच, कम भार, देखभाल मे सुगमता, और मजबूती की माग बराबर लगी रहती है, पर इसके साथ-साथ प्रगति की दर भी असाधारण ही है।

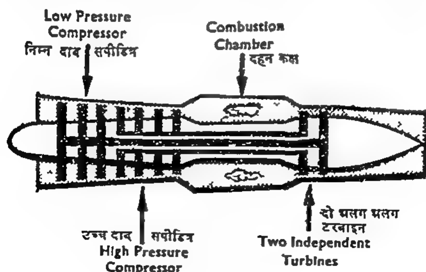
जब वायुयान-निर्माताओ को 6000 पौड से अधिक प्रणोद की जरूरत पडी तो अपकेन्द्री टर्बोजेट के स्थान पर अक्षीय-प्रवाह टर्बोजेट आए। अपकेन्द्री इजन की अतिरिक्त शक्ति का अथ है कि सम्पीडित्र का व्यास अधिक बडा होगा जिससे इजन का व्यास भी बडा रखना होगा और उसे रखने के लिए धड या नसेल (nacelle) भी बडा रखना होगा—बडा नसेल या धड (fuselage) का अथ होगा कि कषण अधिक होगा और चाल घट जाएगी। इसलिए इससे कोई लाभ नही था। इसके अतिरिक्त जल्दी ही अक्षीय-प्रवाह डिजाइन इतने दक्ष हो गए कि प्रशिक्षण-जेटो मे प्रयुक्त 2500-3750 पौड प्रणोद के रौल्स-रॉइस ब्रिस्टल वाइपर (पृ 23) जैसे छोटे टर्बोजेटो मे भी तथा 8/10-सीट वाले हॉकर सिडेले HS-125 जैसे व्यापारिक वायुयानो मे भी अक्षीय-प्रवाह सम्पीडित्र लगाए गए हैं।

अधिक शक्ति के लिए अक्षीय-प्रवाह एक प्रकार का अतिरिक्त सम्पीडन चरण है। कम-से-कम उस समय तक के लिए तो है ही जब तक हवा इजन से होकर सुगमता से प्रवाहित न हो। उडान के दौरान अचानक

शक्ति क्षीण हो जाती है, तीव्र कम्पन होने लगते हैं, इजन के अन्दर से विस्फोटक फटने लगते हैं और पायलट को लगता है मानो वह किसी ऐसे ग्लाइडर मे है जो निष्क्रिय इजन के भार के साथ शीघ्रातिशीघ्र भूमि पर वापस आने को उतावला है।

इसके कारण को हिल्लोल (*surging*) कहते हैं और यह विशेष वायु-प्रवाह परिस्थितियो मे कुछ सम्पीडित्र पटलो की दक्षता मे कमी आ जाने से होता है, जिससे प्रवाह विक्षुब्ध हो जाता है। प्रत्येक पटल मे एक छोटे नोदक-पटल या पख जैसा वक्र पक्षक (aerofoil) खड होता है और यह सम्पीडित्र के मडलक मे इस प्रकार लगा होना चाहिए कि वह अपने से पीछे के पटल को अधिक-से-अधिक सुगम रूप से वायु दे सके चाहे इजन की चाल कुछ भी हो। यह काय इतना आसान नही है और एक अक्षीय सम्पीडित्र—और आधुनिक गैस-टरबाइन के लगभग हर भाग मे परिपूर्णता लाने के लिए बहुत अनुसन्धान और परीक्षण की आवश्यकता होती है।

बडे टर्बोजेट इजनो मे प्रत्येक चाल पर सुगम वायु-प्रवाह बनाए रखने का एक तरीका यह हो सकता है कि सम्पीडित्र पटलो की उत्तरोत्तर श्रेणियो के बीच वायु को निर्दिष्ट करने वाले स्टेटर (*stator*) पटलो का झुकाव उडान के दौरान परिवर्ती रहे (इसे परिवर्ती-आपात कहते हैं)। दूसरा तरीका यह है कि एक 'समिश्र सम्पीडित्र' या 'दो-फिरकी' वाली योजना प्रयुक्त की जाए। इस प्रकार का इजन दो-फिरकी वाले टर्बोप्रॉप जैसा



दो-फिरकी वाला टर्बोजेट

लगता है जिसका हम अध्ययन कर चुके हैं, पर इसमे नोदक नही होता, यह स्वाभाविक ही है क्योकि यह आखिर बिना नोदक वाला है। वास्तव मे सबसे पहले तो दो-फिरकी वाला टर्बोजेट ही बनाया गया और तब उसमे स्वतन्त्र-टरबाइन टर्बोप्रॉप मिलाकर उससे रोल्स-रॉइस टाइन जैसे इजन तैयार किए गए।

अन्य सभी चित्रो की भाँति 'दो-फिरकी' वाले टर्बोजेट का यह चित्र भी अत्यधिक सरल रखा गया है जिससे कि बहुत आसानी से समझ मे आ सके। यदि आप इसके विभिन्न चरणो की गणना करें तो आप देखेंगे कि इसमे एक तीन-पदी निम्न-दाब सम्पीडित्र, एक चार-पदी उच्च-दाब सम्पीडित्र और दो एक-पदी टरबाइनें हैं।

कई आधुनिक इजन और अधिक जटिल होते हैं ताकि उनसे आवश्यक शक्ति प्राप्त हो सकें।

उदाहरण के लिए कॉनकोड पराध्वानिक यात्री-विमान मे लगे रोल्स-रॉइस / स्नेकमा ओलिम्पस-593 नामक दो-फिरकी वाले टर्बोजेटो मे एक सात-पदी निम्न-दाब सम्पीडित्र, एक सात-पदी उच्च-दाब सम्पीडित्र और दो एक-पदी टरबाइनें होती हैं। अमेरिका के एफ-105 थण्डरचीफ और एफ-106 डेल्टा डार्ट लडाकू विमानो को तथा बोइग 707 और DC-8 यात्री-विमानो को शक्ति प्रदान करने वाले दो-फिरकी वाले टर्बोजेट प्रैट एव ह्विटने J 75 मे एक आठ-पदी निम्न-दाब सम्पीडित्र, एक सात-पदी उच्च-दाब सम्पीडित्र, एक एक-पदी उच्च-दाब टरबाइन, और एक दो-पदी निम्न-दाब टरबाइन होती है। परन्तु कुछ अवयवो को छोडकर इन इजनो की योजना चित्र मे दिखाई गई योजना के समान ही होती है।

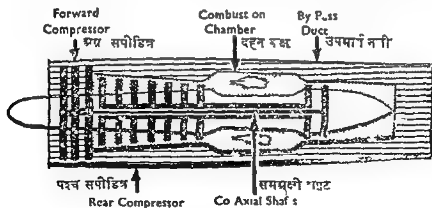
सावधानीपूर्वक तयार किए गए डिजाइन द्वारा भार निम्नतम किया जा सकता है और ओलिम्पस-593 से 35,000 पौंड प्रणोद प्राप्त होता है हालाकि उसका भार केवल 5600 पौंड होता है। इसका अर्थ यह है कि 1400 मी प्र घ की गति से उडने वाले कॉन्कोड की उतनी ही शक्ति है जितनी 215 डैकोटा जहाजो की या द्वितीय विश्वयुद्ध के 100 भारी लैंकास्टर बमवर्षकों की है। और जैसा कि हम पहले ही देख चुके हैं एक अक्षीय सम्पीडित्र वाले छोटे वाइपर-522 से 3410 पौंड प्रणोद प्राप्त होता है जबकि उसका भार केवल 756 पौंड है। इस प्रकार एकल तथा दो-फिरकी वाले 'अक्षीय' (axials) भविष्य मे भी काफी उपयोगी रहेंगे, विशेष रूप से जब उनमे परिवर्ती-आपात वाले स्टेटर पटल (stator blades) हो।

स्वाभाविक है कि ऐसे इजनो मे ईंधन की खपत बहुत ही अधिक हो और चार-जेट वाला विमान, जैसे बोइंग 707-436 जो B O A C मे काम आता है, यूरोप से अमरीका तक की सीधी उडान मे अपने टैंको मे 19,600 इम्पीरियल गैलन (23,580 अमरीकी गैलन) ईंधन ले जा सकता है। इसके बाद का विशाल बोइंग 747 'जम्बो जेट' 41,900 इम्पीरियल गैलन (50 320 अमरीकी गैलन) ईंधन ले जा सकता है।

ईंधन की विशाल मात्रा को, एक उप-भाग टर्बोजेट (by pass turbojet) या टर्बोफैन (turbofan) की सहायता से कम किया जा सकता है। इसे समझने के लिए हमे ध्यान रखना चाहिए कि जहाँ तक कार्य के लिए प्रयास का सम्बन्ध है नोदक की भांति मन्द गति वाली वायु की मोटी धार को पीछे छोडकर अग्र-प्रणोद या प्रतिक्रिया प्राप्त करना, टर्बोजेट की भाँति एक पतली तेज धार पीछे छोडने से अग्र-प्रणोद प्राप्त करना अधिक दक्ष होता है।

टर्बोफैन मे दोनो के ही अच्छे गुण होते है क्योकि उसमे एकसाथ ही बडा व्यास और वायु का मन्द आयतन तथा छोटा-व्यास और तीव्र वायु-धारा प्रवाहित होती है।

जैसा कि नीचे दिए गए चित्र मे स्पष्ट हो जाएगा यह मूल रूप से एक दो-फिरकी वाला टर्बोजेट ही है परन्तु निम्न-दाब सम्पीडित्र से कुछ वायु सामान्य विधि से उच्च-दाब सम्पीडित्र मे चली जाती है और बाकी



टर्बोफैन या उप-भाग टर्बोजेट।

उप-भाग से जाने वाली वायु (जो समान्तर रेखाओं से प्रदर्शित की गई है) और यत्र मे से जाती हुई वायु (बिन्दुओं से प्रदर्शित) पुच्छ-नली के पिछले भाग मे मिलती है जिससे दक्षता काफी अधिक बढ़ जाती है।

वायु एक वाहरी बेलनाकार नली द्वारा जाती है—दूसरे शब्दो मे यह वाकी भाग को छोडकर उप-मार्ग से निकल जाती है।

जब उप-मार्ग से आई अपेक्षाकृत ठडी वायु पुच्छ-नली मे गर्म गैसो के साथ मिलती है, तो यह उनको मन्द कर देती है और इसके परिणाम-स्वरूप एक मन्द तथा मोटा और इससे अधिक प्रभावी नोदक जेट बन जाता है। भार मे भी कमी आ जाती है क्योकि उच्च-दाव सम्पीडित्र, दहन-कक्षो और टरबाइनो को सारे वायु-प्रवाह को सभालना नही होता इसलिए वे सामान्य से छोटे बनाए जा सकते हैं।

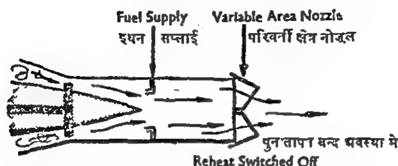
रौल्स-रॉइस स्पे (Rolls-Royce Spey) एक टर्बोफैन है और इसकी दक्षता इस बात से सिद्ध हो जाती है कि इसे हमारे कई अद्यतन जेट-विमानो को शक्ति देने के लिए प्रयुक्त किया गया है। इसका उदारहण ट्राइडेण्ट(Trident)और बी ए सी वन-इलेविन(BAC One eleven) है। इससे समान शक्ति वाले टर्बोजेट-युक्त विमानो की तुलना मे उसकी क्षमता अधिक-अधिक हो जाती है। उप-माग नलियो मे वायु भेजने वाले सम्पीडित्र-पदो के व्यास अधिक होने के कारण उन्हे पख-पद कहा जाता है। इसीलिए सम्पूर्ण इजन को कभी-कभी टर्बोपखा (turbofan) कहते है और 'उप-माग टर्बोजेट' शब्द का अब उपयोग प्राय नही होता।

टर्बोजेट के बाद जेट-परिवार के अन्य किसी विमान की चर्चा करने से पूव हम पुन तापन (re-heat) या उत्तर-ज्वलन (after burning) को नही छोड सकते जो किसी भी प्रकार के टर्बोजेट की शक्ति बढाने के लिए प्रयुक्त किया जाता है।

इसमे केवल यह होता है कि इजन की पुच्छ-नली (tail pipe) मे रेचक गैसो मे अतिरिक्त ईंधन जलाया जाता है, फिर भी पुन तापन सयत्र से ऊपर उठने के लिए 50 प्रतिशत अतिरिक्त प्रणोद-वृद्धि प्राप्त हो जाती है। इसके अलावा अधिक ऊँचाई पर पुन तापन से प्राप्त किया गया प्रणोद मुख्य इजन के प्रणोद की भाँति इतनी तेजी से कम नही होता।

50,000 फुट पर वायु का घनत्व समुद्र-तल पर वायु के घनत्व के $\frac{1}{6}$ भाग से भी कम होता है। इसके परिणामस्वरूप रोल्स-रॉइस ऐवन जैसे टर्बोजेट का 10 000 पौंड का प्रणोद उस ऊचाई पर केवल 2000 पौड रह जाता है। इस कमी की पूर्ति इस बात से हो जाती है कि विरल वायु मे वायुयान को धकेलने के लिए कम शक्ति की जरूरत होती है परन्तु पुन ताप्न सयत्र के 2000 पौंड अतिरिक्त प्रणोद मे भारी अन्तर पड जाता

है। इसके अलावा यदि हम ऊचाई को भी छोड दें तब भी एक पुन तापन सयत्र जो चढते समय के प्रणोद मे 35 प्रतिशत की वृद्धि कर सकता है, वह ध्वनि से डेढ गुनी चाल पर इजन के प्रणोद को दुगुना कर सकता है तथा ध्वनि की तिगुनी चाल पर उसे तीन गुनी से भी अधिक कर सकता है।





पुन तापन चालू अवस्था में Reheat in Operation

पुन तापन जिसमे पुच्छ नली में अतिरिक्त इंधन जलाया जाता है जिससे प्रणोद बहुत बढ जाता है। प्राय नोजिल के ऊपर कब्जेदार किवाड लगे होते हैं। जैसा चित्र मे दिखाया गया है, जब पुन तापन चालू होता है तब किवाडों के कारण नोदक-जेट का व्यास बढ जाता है।

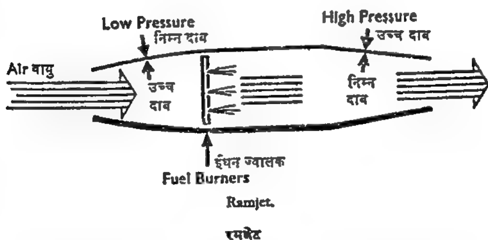
पुन तापन का उपयोग कम ही करना चाहिए क्योकि टर्बोजेट की दृष्टि से भी उसमे बहुत तेज दर से ईंधन जलता है। परन्तु यदि हमे बहुत अधिक प्रणोद की आवश्यकता हो तो हम अधिक ईंधन खर्च करने के लिए तैयार रहना चाहिए और आजकल उपयोग मे आने वाले अधिकाश तीव्रतम लडाकू विमानो मे पुन तापन लगे रहते हैं ताकि उनकी क्षमता बढाई जा सके और युद्ध मे इससे बहुत अन्तर पड जाता है।

बाकी के जेट-इजनो मे से अधिकाश मुख्य रूप से सैनिक शक्ति सयत्र हैं, परन्तु यह तो अभी की बात है, क्योंकि टर्बोजेट का आरम्भ भी तो लडाकू विमानो के रूप मे ही हुआ था। यह कोई बुरी बात नही है क्योकि विकास का जो भारी खर्च होता है वह सैनिक खर्च से पूरा हो जाता है

जिससे हवाई कम्पनियो को वे सस्ते पड जाते हैं और यात्री-सेवा मे आने से पहले इजनो के 'आरम्भिक दोष' भी दूर हो जाते हैं।

इनमे सबसे महत्त्वपूण सम्भवत रमजेट (Ramjet) है जिसे कभी-कभी ऐथोडिड (athodyd) कहते है—यह aero thermo-dynamic duct का सक्षिप्त है। यह निश्चय ही ससार का सबसे सरल इजन है क्योकि इसमे कोई भी चल भाग (moving part) नही होता। दुर्भाग्यवश जब तक वह वायु मे आगे न बढ रहा हो तब तक वह अच्छी तरह काय नही कर सकता। वास्तव मे उसे इतनी हवा की आवश्यकता होती है कि वह तीव्रतम वायुयान और प्रक्षेपास्त्रो के अलावा उपयोगी नही होता।

यान्त्रिक दृष्टि से हालांकि रैमजेट बहुत सरल होता है परन्तु उसका डिजाइन बहुत सावधानी से तैयार करना होता है। यह इस बात पर निर्भर होता है कि उसकी चाल कितनी रखनी है, क्योकि वायु का प्रवाह अवध्वानिक (subsonic) और पराध्वानिक (supersonic) चालो पर भिन्न-भिन्न आचरण करता है। परन्तु हमे उसकी काय-विधि का कुछ अनुमान हो सकता है यदि हम यह ध्यान रखें कि जब वायु मन्द होती है तो उसका दाब भी बढ जाता है और वायु-प्रवाह तेज होने से दाब घटता है।



Ramjet.

रमजेट

जिस नली (duct) का चित्रण किया गया है वह मुख्य रूप से अवध्वानिक चाल पर प्रयुक्त होती है और इसकी क्षमता इस बात पर निभर होती है कि यह अगले और पिछले सिरे पर तग है। जब यह आगे

बढ़ती है ता वायु सामने से प्रवेश करती है और चौड़े होने हुए भाग में मन्द हो जाती है। इससे दाब बढ़ जाता है। परन्तु इसके साथ-साथ दूसरी तरफ से निकलने वाली वायु त्वरित होती जाती है जिससे उसका दाब कम हो जाता है। चूंकि बाहर की तुलना में अन्दर का दाब बढ़ जाता है इसलिए परिणामस्वरूप यह ढलवा दीवारों पर धक्का डालती है जिससे कि नली आगे को बढ़ती है।

नली में कुछ आगे जाकर वायु को जलते हुए ईंधन की फुहार से गरम किया जाता है जैसे पुन तापन सयत्र की रेचक गैसों को इस काम के लिए प्रयुक्त किया जा सकता है। यह उसे पुन तीव्र कर देता है और नली के पश्च भाग में अन्दर अपेक्षाकृत निम्न-दाब उत्पन्न हो जाता है—बाहर की तुलना में अन्दर कम दाब होता है और दाब के इस अन्तर का प्रभाव भी नली को आगे की ओर धक्का देने में काम आता है।

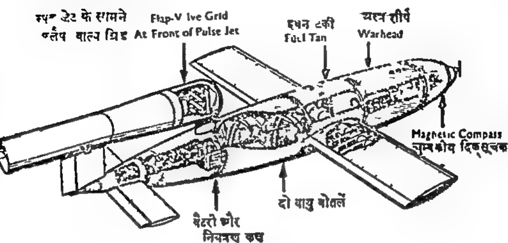
उच्च पराध्वानिक चालों के लिए बनाए गए रैमजेट, आकार में उससे भिन्न होते हैं जो यहाँ चित्रित किया गया है परन्तु वे उसी मूल आधार पर कार्य करते हैं। उनका ईंधन का खर्च बहुत अधिक होता है, पर ध्वनि के वेग से दुगुनी अग्र-गति पर रैमजेट के अन्दर वायु इतनी अधिक सम्पीडित हो जाती है कि वह टर्बोजेट-जितना ही दक्ष हो जाता है, साथ ही उसमें टरबाइन एव सम्पीडित्रों का भार और जटिलता भी नहीं होती। इसलिए निर्देशित प्रक्षेपास्त्र और लड़ाकू विमानों के लिए यह सर्वोत्तम रहता है बशर्ते कि उन्हें रैमजेट के चालू होने तक किसी अन्य तरीके से त्वरित किया जा सके और उन्हें वायुमंडल से ऊपर ऐसे स्थान पर न उड़ना हो जहाँ वायु न हो।



नोड ग्रिफॉन का इजन सयत्र।

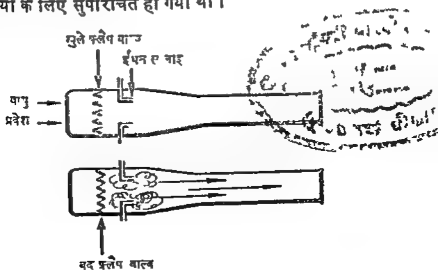
धड़ रैमजेट इंजन के बाहरी खोल का काम करता है। टर्बोजेट बीच में स्थापित होता है और ऊपर उठते समय तथा उड़ान के दौरान अतिरिक्त प्रदान क

यही कारण है कि रैमजेट-शक्तियुक्त अनुसन्धान वायुयान फ्रेंच नोर्ड ग्रिफॉन मे एक टर्बोजिट होता है जो उसे भूमि से ऊपर उठते समय तथा रैमजेट के चालू होने से पूव सहायता करता है।



युद्धकालीन जमन फिसेलर Fi 103 उडन बम (V 1)

एक अन्य इजन जो दक्षता से काय करने के लिए गतिमान होना चाहिए आवेग-नली या स्पद-जेट (pulse jet) है। आजकल इसका बहुत कम उपयोग होता है, परन्तु यह प्रथम वायुयान जेट-इजन है जिसके बारे मे हममे से कइयो ने जून 1944 मे सुना होगा क्योकि जमन V 1 उडन बम, जो उस मास दक्षिणी इगलेड पर गिरे थे, अपनी शक्ति स्पद-जेटो से प्राप्त करते थे और उनका मोटरसाइकल-जैसा धड-धड का शोर लदनवासियो के लिए सुपरिचित हो गया था।



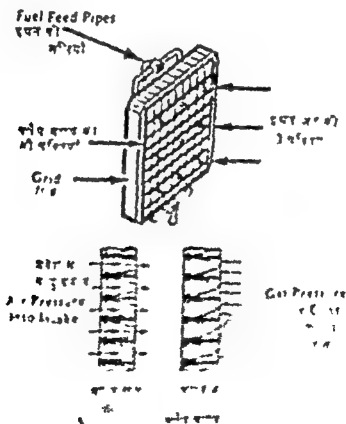
स्पद-जेट इजन (ऊपर) दहन से पूव, (नीचे) दहन के बाद।

स्पंद-जेट बहुत सरल होता है, इसमें केवल एक धातु की नली होती है और सामने के भाग में चक्के में लगे कई फ्लैप-वाल्व होते हैं तथा कुछ ईंधन-फुहार तथा पलीते होते हैं।

फ्लैप-वाल्वों को खोलकर वायु अन्दर प्रवेश करती है और ईंधन के साथ मिश्रित होकर जलती है। इसके फलस्वरूप जो दहन होता है उससे फ्लैप-वाल्व बंद हो जाते हैं और जब रेचक गैसें पीछे से निकलती हैं तो उनकी प्रतिक्रिया से इंजन आगे को धकेला जाता है। जब वे निकल जाती हैं तो फ्लैप-वाल्व पुनः खुल जाते हैं और यही क्रम पुनः चालू हो जाता है।

स्पंद-जेट की खनखन फटफटाहट की ध्वनि इसी आन्तरायिक दहन के कारण होती है जो टर्बोजेट के अन्दर होने वाले सतत तथा एकसमान दहन से भिन्न है।

चूंकि स्पंद-जेट उस समय तक दबाव के साथ वायु नहीं भर सकता जब तक कि उसके वाल्वों को खोलने के लिए उसके प्रवेश भाग में

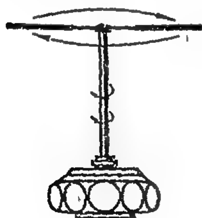


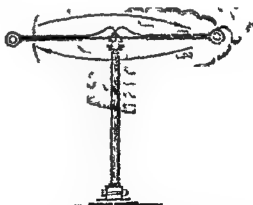
काफी वायु न भर जाए इसलिए V 1 उड़न बम को वायु मे छोड़ना होता है। इसका आर्गस (Argus) इजन अत्यन्त साफ होता है क्योकि इसकी ईंधन स्पलाई नलियो का एक ग्रिड-सा बना होता है जिसमे धातु के 63 फ्लैप-वाल्व होते हैं। एक छोटे स्फुलिंग प्लग (spark plug) से शुरू मे ईंधन मे आग लगाई जाती है जिसके बाद गरम नली मे स्वचालित रूप से 45 स्पद प्रति सैकड की दर से दहन होता रहता है। इससे लगभग 600 पौंड प्रणोद उत्पन्न होता है और इससे V 1 इजन 350-400 मी प्र घ की चाल प्राप्त कर लेता है और उसका खर्च साधारण मोटर के तेल का एक गैलन प्रति मील के हिसाब से होता है।

युद्ध के बाद कुछ समय तक यह विचार था कि स्पद-जेट (pulse-jets) छोटे हैलिकॉप्टरो के लिए लाभदायक सस्ते शक्ति सयत्रो का कार्य करेंगे परन्तु अनुसधान से पता चला है कि टरबजिट, दाब-जेट और छोटे रॉकेट-मोटर अधिक अच्छे होते हैं।

इन दो प्रकार के इजनो के बारे मे चर्चा करने से पूर्व यह बताना उपयुक्त होगा कि हैलिकॉप्टरो और जेटो का क्या सम्बन्ध है।

अधिकाश हैलिकॉप्टरो मे रोटर (rotor) शैफ्ट के सिरे पर घूमता है जो एक पिस्टन-इजन की सहायता से गियर द्वारा चलाया जाता है। इस प्रकार के इजन के स्थान पर अब धीरे-धीरे शैफ्ट-टरबाइन का प्रयोग





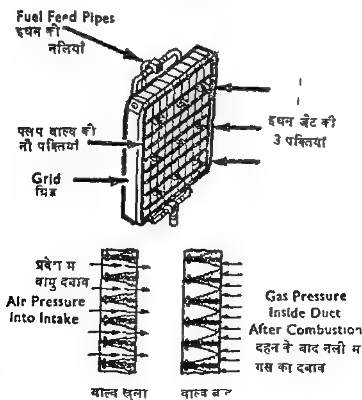
(बाऍं) पिस्टन इजन के घूमते हुए शफ्ट द्वारा चालित हैलिकॉप्टर रोटर बल आघूर्ण उत्पन्न करता है। (दाऍं) स्थिर शफ्ट पर लगा स्वतत्र घूमता हुआ तथा सिरे से चलाया जाने वाला रोटर बल आघूर्ण उत्पन्न नहीं करता।

स्पद-जेट बहुत सरल होता है, इसमे केवल एक धातु की नली होती है और सामने के भाग मे कब्जे से लगे कई फ्लैप-वाल्व होते हैं तथा कुछ ईंधन-फुहार तथा पलीते होत हैं।

फ्लैप-वाल्वो को खोलकर वायु अन्दर प्रवेश करती है और ईंधन के साथ मिश्रित होकर जलती है। इसके फलस्वरूप जो दहन होता है उससे फ्लैप-वाल्व बद हो जात है और जब रेचक गैसें पीछे से निकलती हैं तो उनकी प्रतिक्रिया से इजन आगे को धकेला जाता है। जब वे निकल जाती हैं तो फ्लैप-वाल्व पुन खुल जाते है और वही प्रक्रम पुन चालू हो जाता है।

स्पद-जेट की ककश फडफडाहट की ध्वनि इसी आन्तरायिक दहन के कारण होती है जो टर्बोजेट के अन्दर होने वाले सतत तथा एकसमान दहन से भिन्न है।

चूकि स्पद-जेट उस समय तक दक्षता के साथ कार्य नही कर सकता जब तक कि उसके वाल्वो को खोलने के लिए उसके प्रवेश-माग से



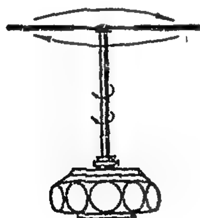
V 1 स्पद-जेट मे फ्लप वाल्व की काय विधि

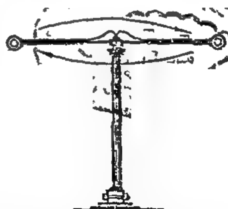
काफी वायु न भर जाए इसलिए V 1 उड़न बम को वायु मे छोड़ना होता है। इसका आर्गस (Argus) इजन अत्यन्त साफ होता है क्योकि इसकी ईंधन स्पलाई नलियो का एक ग्रिड-सा बना होता है जिसमे धातु के 63 फ्लैप-वाल्व होते हैं। एक छोटे स्फुलिंग प्लग (spark plug) से शुरू मे ईंधन मे आग लगाई जाती है जिसके बाद गरम नली मे स्वचालित रूप से 45 स्पद प्रति सैकड की दर से दहन होता रहता है। इससे लगभग 600 पौंड प्रणोद उत्पन्न होता है और इससे V 1 इजन 350-400 मी प्र घ की चाल प्राप्त कर लेता है और उसका खर्च साधारण मोटर के तेल का एक गैलन प्रति मील के हिसाब से होता है।

युद्ध के बाद कुछ समय तक यह विचार था कि स्पद-जेट (pulse-jets) छोटे हैलिकॉप्टरो के लिए लाभदायक रास्ते शक्ति सयन्त्रो का कार्य करेंगे परन्तु अनुसधान से पता चला है कि टर्बोजेट, दाब-जेट और छोटे रॉकेट-मोटर अधिक अच्छे होते है।

इन दो प्रकार के इजनो के बारे मे चर्चा करने से पूर्व यह बताना उपयुक्त होगा कि हैलिकॉप्टरो और जेटो का क्या सम्बन्ध है।

अधिकाश हैलिकॉप्टरो मे रोटर (rotor) शैफ्ट के सिरे पर घूमता है जो एक पिस्टन-इजन की सहायता से गियर द्वारा चलाया जाता है। इस प्रकार के इजन के स्थान पर अब धीरे-धीरे शैफ्ट-टरबाइन का प्रयोग





(बाएँ) पिस्टन इजन के घूमते हुए शफ्ट द्वारा चालित हैलिकॉप्टर रोटर बल आघूर्ण उत्पन्न करता है। (बाएँ) स्थिर शफ्ट पर लगा स्वतन्त्र घूमता हुआ तथा सिरे से चलाया जाने वाला रोटर बल आघूर्ण उत्पन्न नहीं करता।

होने लगा है जिसे एक टर्बोप्रॉप माना जा सकता है और यह नोदक के बजाय रोटर को घुमाता है।

इसका मुख्य लाभ यह है कि जब भी रोटर शैफ्ट-चालित होता है तब प्रतिक्रिया होती है (जिसे बल-आघूर्ण प्रतिक्रिया कहते हैं)। इसमे सारा धड विपरीत दिशा मे चक्रण करने लगता है। इसे रोकने के लिए अधिकाश हैलिकाप्टरो मे एक छोटा (बल-आघूर्ण-विरोधी) पुच्छ-रोटर होता है जिससे एक पार्श्वीय बल उत्पन्न होता है और वह प्रतिक्रिया-बल का ठीक-ठीक सतुलन करता है।

जिस शैफ्ट पर रोटर लगा होता है यदि उसे हम स्थिर कर दें, ताकि वह घूम न सके, और उसके ऊपरी सिरे पर रोटर को स्वतत्र घूमने दें तथा रोटर को पटल के सिरो पर लगे किसी प्रकार के इजन से घुमाए तो उसमे कोई बल-आघूर्ण नही होता और पुच्छ-रोटर की भी उतनी जरूरत नही पडती। इसके अतिरिक्त भारी चालक-शैफ्ट और गियरो की जरूरत भी नही होती जिनका निर्माण महगा भी होता है और सिरे मे चलने वाले रोटर यत्र की तुलना मे जिनके टूटने या खराब होने की सभावना भी अधिक होती है।

जब स्पद-जेट रोटर-सिरो पर आरोपित होते हैं तब ईंधन-लाइनें धड से रोटर के नाभि तक और वहाँ से खोखले पटलो से सिरो तक जाती है।

रॉकेट-मोटर, जिनका उल्लेख आगे किया जाएगा, और दाब-जेट स्पद-जेट या रैमजेट से इस बात मे भिन्न होते हैं कि उन्हे वायुमडल से वायु नही लेनी पडती और वे खरोच पजे (scratch) से सीधे ही उड सकते हैं। उनमे हवा भरने के लिए अग्र-गति की आवश्यकता नही पडती।

दाब-जेटो को आसानी से पहचाना जा सकता है क्योकि उनमे सामने की तरफ वायु-प्रवेश-भाग नही बना होता। इसके विपरीत दाब-जेट मे खोखले रोटर-पटलो के द्वारा ईंधन और सम्पीडित वायु दोनो ही दहन-कक्ष मे भरी जाती है और वहाँ मिश्रित करके सामान्य रूप से जलायी जाती है। इससे प्रतिक्रिया उत्पन्न होती है।

कभी-कभी सम्पीडित वायु प्राप्त करने के लिए छोटे गस टरबाइन इजनो का प्रयोग किया जाता है। इसका एक उदाहरण फ्रासीसी टर्बोमेका पालोस्त (Turbomeca Palouste) है। इसमे एक बहुत बडा अपकेन्द्री सम्पीडित्र होता है जो इतनी अधिक वायु को सम्पीडित करता है कि

उसकी विशाल मात्रा नलियो द्वारा इजन से दाब-जेटो मे पहुँचाई जा सकती है और फिर भी दहन-कक्षो और टरबाइन के लिए काफी वायु बच रहती है। इसलिए इसे वायु-सम्पीडित्र या टर्बो-जनित्र कहते हैं।

पालोस्त सम्पीडित वायु का इतना अधिक आयतन उत्पन्न करता है कि फ्रेंच सड-एविएशन कम्पनी उसके साथ ईंधन भी मिश्रित नही करती और इसे अपने छोटे 2-सीट वाले जिन्न (Djinn) हैलिकॉप्टर के रोटर-के-सिरो पर जलाती है। इसके बजाय वह उसे केवल नोजिल से बाहर निकालती है और इससे रोटर उसी प्रकार घूमने लगता है जिस प्रकार बाग मे पानी का फव्वारा पानी के दाब से चलने लगता है।

क्या इससे सरल और कोई यत्र हो सकता है ? क्या यह हमे प्रथम जेट-इजन—हीरो एयोलिपाइल—की याद नही दिलाता ?

आकाश मे नई आकृतियाँ

ऐसी आशा नही की जा सकती थी कि नये जेट-युग का वायुयान वैसा ही लगेगा जैसा कि उससे पूर्व का मन्द गति वाला पिस्टन-इजनयुक्त वायुयान था।

वास्तव मे जेट-विमान के सेवा मे आने मे पहले ही परिवर्तन होने शुरू हो गए थे। क्योकि अमरीका और ब्रिटेन दोनो ही देशो मे उच्च-गति वाले लडाकू विमानो के पायलटो ने 1941-42 मे ही अपने विचित्र तथा भयावने अनुभव बताने शुरू कर दिए थे।

जब वे तेज चाल से गोता लगाते थे तो उनका वायुयान इस प्रकार कांपने तथा कूदने लगता था मानो उस पर किसी विशाल हथौडे से चोट की जा रही हो। नियत्रण-कालम उनके हाथो से लगभग निकल ही जाता था और प्राय वे यह भी नही बता पाते थे कि आगे क्या हुआ क्योकि इस कम्पन मे उनके वायुयान प्राय, हवा मे ही टूटकर नष्ट हो जाते थे और वे मारे जाते थे।

डिजायन-निर्माता जानते थे कि उनका शत्रु सम्पीड्यता (compressibility) है जिसका कारण यह था कि वायुयान इतने अधिक वेग से उडने लगे थे कि वायु उनके पास मे सरलता से नही गुजरती थी

बल्कि प्रघात तरंग बनाती थी जिससे कर्षण बहुत ही अधिक बढ जाता था और उससे वे डगमगाने लगते थे जिसका उल्लेख ऊपर किया गया है।

समाचारपत्रो के संवाददाताओ ने 'ध्वनि-अवरोध' के बारे मे लिखना शुरू कर दिया क्योकि सम्पीड्यता प्रघात तरंगें उस समय बनती है जब वायुयान ध्वनि-वेग से उड रहा हो। ध्वनि का वेग समुद्र-तल पर 760 मी प्र घ है और 36,000 फुट से ऊपर 'तनु' वायुमडल मे 660 मी प्र घ रह जाता है। इसे 'ध्वानिक वेग' (sonic speed) कहते हैं। ध्वनि-वेग से कम वेग 'उपध्वानिक' (subsonic) और इससे अधिक 'पराध्वानिक' (supersonic) कहलाता है। 'पारध्वानिक' (transonic) वेग वह वेग है जो ध्वनि वेग की सीमा पर दोनो तरफ थोडी-थोडी दूर तक हो।

हालाँकि 1941 42 के वायुयान ध्वनि-वेग से नही उडते थे परन्तु जब वायु पख के वक्र भाग के ऊपर से गुजरती है तो प्रवाह-वेग त्वरित हो जाता है। इसलिए जब वायुयान की अग्र चाल 500 मी प्र घ हो तब भी उसका वेग ध्वानिक वेग हो जाता है। वायुयान के पख जितने अधिक मोटे हो वायु का उतना ही अधिक घमकर जाना पडता है और वह उतनी ही अधिक त्वरित हो जाती है। इसलिए, 1943 से ही, डिजाइन-निर्माताओ ने उच्च-गति वाले वायुयानो मे पतले पख लगाने शुरू कर दिए थे जिससे प्रघात-तरंग की कठिनाई को कुछ समय के लिए दूर किया जा सके।

लगभग उसी समय वात-सुरग के प्रयोगो से पता चला कि पूर्ण सुरक्षा के साथ इससे उच्चतर वेग सम्भव है यदि पखो को पीछे की तरफ दबाया जा सके। ये आविष्कार ठीक समय पर हुए जिससे कुछ आरम्भिक जेट-वायुयानो को छोडकर बाकी सभी वायुयानो के निर्माण पर इसका प्रभाव पडा।

चूकि भिन्न-भिन्न ऊँचाइयो पर ध्वनि की गति भी भिन्न-भिन्न होती है, इसलिए पायलटो ने अपने कॉकपिट (चालक-कक्ष) मे लगे माख-मीटर (Mach meter) नामक उपकरण को शीघ्र ही ध्यान से देखना सीख लिया। ध्वनि की गति स्वय 1 माख के बराबर होती है, यह आस्ट्रिया के डॉ माख के नाम पर रखा गया है। जब एक वायुयान, समुद्र-तल पर, 760 मी प्र घ की गति से उडता है तो माख-मीटर इसे 1 माख अकित करेगा। ध्वनि का वेग यदि $\frac{9}{10}$ होता (समुद्र-तल पर 684 मी प्र घ) तो माख-मीटर मे यह 9 माख होगा, समुद्र-तल पर 1520 मी प्र घ चाल

2 माख के बराबर होगी।

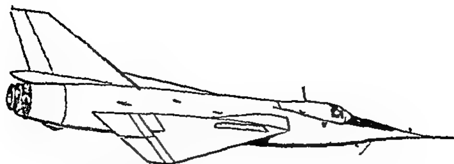
स्पष्ट है कि मास-मीटर इतना महत्त्वपूर्ण क्यो है। उदाहरण के लिए, ग्लॉस्टर-मीटियॉर Mk 8 लडाकू विमान की चाल रॉयल एयर फोस ने पूर्ण सुरक्षा की दृष्टि से 82 माख के लगभग ही रखी थी। यह समुद्र-तल पर 623 मी प्र घ के बराबर या 36,000 फुट की ऊँचाई पर केवल 541 मी प्र घ के बराबर है।

परन्तु 14 अक्तूबर 1947 से डिजाइन-निर्माताओ और विमान-चालको ने ध्वनि-अवरोध की चिन्ता करना छोड दिया जब चार्ल्स ('चक') येगर [Charles ('Chuck') Yeager] नामक एक अमरीकी पायलट ने यह सिद्ध कर दिया कि एक सुनिर्मित वायुयान को ध्वनि-अवरोध के पार भी उडाया जा सकता है।

उसका छोटा बेल X-1 अनुसन्धान वायुयान बहुत ही अधिक शक्तिशाली बनाया गया था और उसमे शक्ति के लिए 6000 पौंड प्रणोद का रॉकेट-मोटर लगा हुआ था। फिर भी उसकी उडान काफी कष्टदायक थी, परन्तु इससे यह सिद्ध हो गया कि ध्वनि-अवरोध वास्तव मे प्रगति के लिए इतना बाधक नही था जितना कि लोग समझते थे।

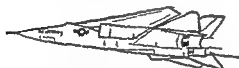
तबसे अनुभव के आधार पर पता चला है कि X-1 जैसे वायुयान, जिनमे 'सीधे' या बिना झुके हुए पख हो, पारध्वानिक क्षेत्र मे बहुत देर मे पहुँचते हैं और इसमे प्रघात-तरग की उनके साथ बडी समस्या रहती है जबकि इसकी तुलना मे पीछे झुके या डेल्टा-आकार के पखो मे कम कठिनाई होती है। वास्तव मे, फेयरी डेल्टा-2 पर, जिसने मार्च 1956 मे 1132 मी प्र घ का ससार-भर का रिकाड कायम कर दिया था, सम्पीड्यता का इतना कम प्रभाव पडा था कि ध्वनि-अवरोध से गुज़रने पर उसके उपकरणो मे केवल मामूली-सा कम्पन हुआ था। सम्भवत यह प्रथम अतिपराध्वानिक वायुयान था जिससे यह सिद्ध हुआ था कि सही आकार के वायुयान के लिए 1 माख पार करना बहुत सरल है।

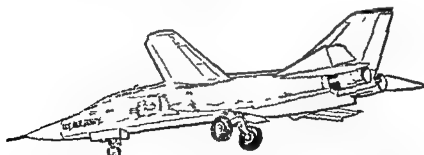
आजकल पारध्वानिक और पराध्वानिक उडानें तो सैनिक लडाकू विमानो के पायलटो की दिनचर्या ही बन गई है। कई सबसे तेज़ उडने वाले लडाकू तथा बमवर्षको मे पीछे झुके हुए पख होते हैं, परन्तु माख 2 5 से ऊपर उडने वाले विमानो के निर्माण मे अब उनको वैसा बनाने की प्रवृत्ति नही रही है।



फेयरी डेल्टा-2 अनुसंधान वायुयान जिसने 1956 मे ससार भर का 1132 मी प्र घ का रिकार्ड कायम किया था।

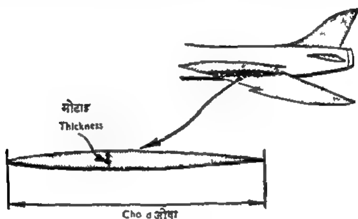
इसके कई कारण है। सबसे पहली बात तो यह है कि ढाँचे की मजबूती की दृष्टि से एक 'सीधा' पख या सरल डेल्टा बनाना आसान होता है। इसके अलावा इसका एक कारण वायुगतिक भी है, ऐसे उदाहरण मिलते है जबकि खडी चढाई से या गोते के बाद ऊपर चढते समय पायलट झुके-पख वाले वायुयान का नियत्रण नही कर पाया। इस समस्या का हल करने के लिए तथा निम्न चाल पर अच्छा नियत्रण करने के लिए कई सुझाव दिए गए है। इसीलिए हम कई प्रकार के वायुयान देखते हैं, जैसे कटीले 'दातेदार' सिरो वाले पख, नवचन्द्राकार पख और बलदार डेल्टा पख-युक्त वायुयान ।





'झूलता-पख' जनरल डाइनेमिक्स F-111A लडाकू विमान जिसमे उतरते समय पख आगे को झुक जाते हैं तथा तीव्र उडान के लिए पुन पीछे झुक जाते हैं।

इसका एक और क्रान्तिकारी हल है—परिवर्ती-ज्यामिति पख या 'झूलता-पख' जिन्हे महान् ब्रिटिश इजीनियर सर बार्नेस वालिस (Sir Barnes Wallis) ने बनाया था और जनरल डाइनेमिक्स F-111A साम-रिक लडाकू विमान मे लगाया गया था। इसमे प्रत्येक पख कीलकित होता है जिससे उनग्ते तथा ऊपर चढते समय उसमे 'सीधे' पख के निम्न-चाल के अच्छे अभिलक्षण प्राप्त हो सके। फिर ऊपर चढने के बाद वह पुन पीछे झुक जाता है जिससे तीव्र उडान मे वह झुके-पख के लाभ दे सकता है। इस प्रकार इसमे पखो के सभी लाभ है, केवल इससे कुछ भार और कुछ जटिलता वढ जाती है, और यदि बहुत तीव्र उडान के लिए डेल्टा के स्थान पर सर्व-प्रथम 'झूलता-पख' ही ले तो यह वडा ही रोचक होगा।



मोटाई/जीवा अनुपात।
इस चित्र मे 'आरा दात' वाला पख भी दिखाया गया है।

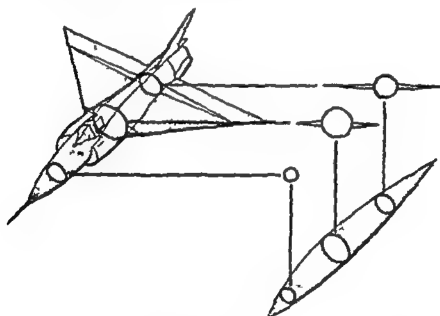
एक निश्चित वात यह है कि पख उस्तरे की धार के समान पतले होगे। पतलेपन की कोटि की परिभाषा हम मोटाई/जीवा अनुपात से करते है, यह किसी स्थान पर पख की अधिकतम मोटाई को उसकी चौडाई या जीवा से भाग देने पर प्राप्त होती है और फिर उसे 100 से गुणा करने पर यह प्रतिशत मे प्राप्त हो सकती है। इस प्रकार यदि किसी स्थान पर पख की मोटाई 3 इच है और चौडाई 75 इच है तो हम कहते है कि उसका मोटाई/जीवा अनुपात $\frac{3}{75} \times 100 = 4\%$ है जो उच्च-चाल वाले अद्यतन लडाकू और अनुसन्धान वायुयान के पखो मे प्रयुक्त होता है।

अब हम यह समझ सकते है कि डेल्टा-पख कितना लाभदायक है, क्योंकि 4 प्रतिशत मोटाई/जीवा अनुपात मे भी धड के पास उसके जीवा की चौडाई बहुत अधिक होती है और एक बडे वायुयान का पख इतना

मोटा होगा कि उसमें प्रवचन, ईंधन टैंक और अन्य गियर समा सकते हैं।

धड़ के भी आकार बदल रहे हैं। अधिकतर में तीक्ष्ण नोकें होती हैं और एक नये सूत्र की सहायता से, जिसे अमरीकन लोग क्षेत्र-नियम (Area Rule) कहते हैं, कुछ वायुयानों में सामान्य सिगार के आकार के धड़ के बजाय ततैये की पतली कमर (pinched-in wasp-waist) का आकार होता है।

इसका कारण यह है कि धारारेखन करते समय उच्च-चाल-विमान में पंख, धड़ और पुच्छ, सबका एकसाथ ध्यान रखना पड़ता है। यदि हम वायुयान को भिन्न-भिन्न स्थानों पर बीच से काट सकें, जैसा नीचे चित्र में दिखाया गया है, और प्रत्येक स्थान पर काट क्षेत्रफल मापें तो यह स्पष्ट है कि जहां पर धड़ के साथ पंख जोड़े गए हैं वहां का क्षेत्र-फल बहुत अधिक होगा। इसके फलस्वरूप नोक (nose) से काफी पीछे क्षेत्रफल बढ़ता जाएगा जबकि सुपरिचित धारारेखित आकार के लिए यह कम होना चाहिए था। और इस क्षेत्रफल को घटाने का एक तरीका



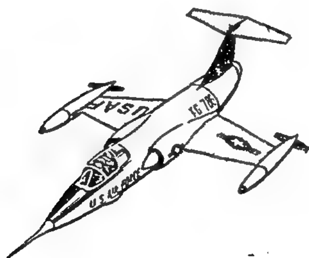
कॉन्वेयर F 102 लड़ाकू विमान।

क्षेत्र नियम की दृष्टि से जहां पंख की चौड़ाई बढ़ रही है वहां धड़ का व्यास कम रखा गया है जिससे कि कुल काट-क्षेत्र समान सापेक्ष स्थिति (नीचे दाएं) के आदर्श धारारेखीय आकार के बराबर रहे।

यह है कि धड का व्यास कम किया जाए और ततैये की कमर का आकार रखा जाए।

यह सुनने मे तो बडा सरल लगता है परन्तु इसका महत्त्व इस बात से है कि कॉन्वेयर F-102 डेल्टा-पख लडाकू विमान जब पहले-पहल बनाया गया था तब ध्वनि-अवरोध वास्तव मे सत्य मालूम पडा था क्योंकि वायु उसके धड के पास सरलता से नही गुजरती थी और यह 15,000 पौंड पुन तापन टर्बोजेट के प्रणोद द्वारा भी ध्वनि-वेग से नही उड सकता था। जब इसका धड क्षेत्र-नियम के अनुसार बनाया गया तो वह बिना किसी कठिनाई के 800 मी प्र घ की दर से उड सका।

इन सब आविष्कारो और विकासो का क्या परिणाम हुआ ?



लॉकहीड F-104 स्टारफाइटर।

सब से पहली चीज तो यह है कि इससे 1000 मी प्र घ की परा-ध्वानिक चाल सामान्य लडाकू विमानो के लिए साधारण बात हो गई। कुछ विमान —जैसे लॉकहीड F-104 स्टारफाइटर, BAC लाइटनिंग, और मकडॉनेन F-4 फैण्टम II, तो 1400 से 1650 मी प्र घ तक की चाल प्राप्त कर लेते हैं। जबकि रूसी मिग-23 की गति 1850 मी प्र घ से भी अधिक है और अमेरीकन लॉकहीड YF-12A प्रायोगिक लडाकू विमान तथा SR 71 टोह-विमान 2000 मी प्र घ की गति से उड़ान करते हैं जो ध्वनि की गति का तिगुना है।

R A F के डेल्टा-पख वुल्कन तथा ईद के चाँद-जैसे आकार के पख वाला विक्टर बममार अधिक ऊँचाइयो पर माख 95 (अर्थात् 630 मी प्र घ) तक उड सकते हैं। और बोइंग-707 तथा BAC VC-10 जैसे यात्री-विमान भी लगभग इतनी ही चाल से उडते हैं।

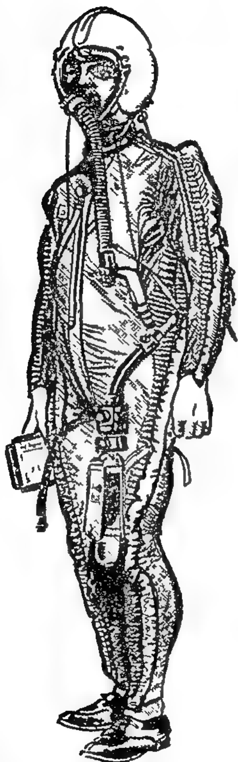
इतनी अधिक चाल सावधानीपूर्वक बनाए गए डिज़ाइन तथा अत्यधिक शक्तिशाली इजनो के सयोजन से ही सभव हो सकी। इसका उदाहरण है स्टारफाइटर जनरल इलेक्ट्रिक J 79 टर्बोजेट, जो पुन तापन के साथ 15,800 पौंड प्रणोद उत्पन्न करता है। वुल्कन का रौल्स-रॉइस ब्रिस्टल ओलम्पिस बिना पुन तापन के इससे भी अधिक शक्ति प्रदान करता है।

परतु प्रगति कभी इतनी आसानी से नही होती और डिज़ाइन-निर्माताओ के सामने बडी-बडी समस्याए उत्पन्न होती हैं, जिनमे से एक बडी समस्या पखो को उस्तरे-की-धार के समान पतला, पर इतना मज़बूत बनाने की थी कि वे अधिक उच्च-चाल वाली उडान के कारण पडने वाले भारी बोझ को भी सहन कर सकें।

प्राय पायलट के लिए विशेष उडान-कण्ट्रोल (flying controls) होते हैं और उन्हे पराध्वानिक चाल पर सरलता से चलाने के लिए द्रवचालित शक्ति या विद्युत्-शक्ति होती है। जब वह लडाकू विमान या अनुसधान वायुयान उडा रहा हो तो उसे शरीर से चिपटा हुआ उडान-वस्त्र (flying suit) पहनना होता है जिसमे नलियाँ लगी होती हैं और जब वह कोई कठिन मोड लेता है तब वे हवा से भर जाती हैं और उसकी भुजाओ, टागो और पेट को दबाती हैं जिससे उसके शरीर के ऊपरी भाग से रक्त का अपवाह न होने लगे और वह चेतना शून्य न हो जाए।

ऊँचे उडने वाले वायुयानो मे कर्मीदल और यात्रियो को दाबयुक्त कक्ष मे बैठना होता है जिसमे पम्प द्वारा हवा भरी जाती रहती है ताकि वे आसानी से सास ले सकें। इसका निर्माण कठिन होता है क्योकि उसे अन्दर और बाहर के दाब के अतर को सहन कर सकने योग्य होना चाहिए। फिर भी खिडकियो और दरवाजो म भी रोक (cut outs) होने चाहिए।

मध्यम ऊँचाइयो पर ऑक्सीजन की टोपियाँ पहनी जा सकती हैं परन्तु 39 000 फुट से ऊपर दाब-कक्ष अत्यन्त आवश्यक है क्योकि वहाँ वायुमडल का वायु-दाब इतना कम होता है कि यदि पायलट केवल ऑक्सीजन की टोपी पहने हो तो वह अपने फेफडो को फुलाकर साँस नहीं ले सकेगा।

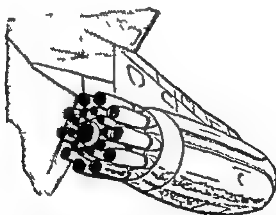


दाब पोशाक और रक्षाकारी टोप पहने हुए पायलट।
वायु की नलियां भुजाओं और टांगों के पास लटकी हुई हैं।

जैसा कि हम पहले देख चुके हैं, जेट-विमानों से भी बहुत-सी समस्याए उठी है,जैसी कि उनके इजन का शोर और विशाल लम्बाई वाले तथा मजबूत धावनपथो की आवश्यकता।

रौल्स-रॉइस जैसी बडी कम्पनियाँ इन समस्याओ पर बडा परिश्रम कर रही है और इसमे काफी प्रगति हो चुकी है। टर्बोजेट की पुच्छ-नलियो (tail-pipes) मे लगे विशेष प्रकार के साइलेंसरो से शोर काफी कम हो जाता है हालाँकि इससे शक्ति की हानि होती है, और कई प्रकार के 'प्रणोद-प्रतिचालक' (thrust-reverser) प्रयुक्त किए जा रहे हैं।

ये काफी हद तक उसी प्रकार काय करते है जसे उत्क्रमणीय-ढलान नोदक, क्योकि वे भी रेचक गैसो को आगे की ओर परावर्तित करते हैं जिससे कि प्रतिक्रिया वायुयान को धीमा करने मे ब्रेक का काय करती है। एक प्रकार की व्यवस्था मे केवल पुच्छ-नली के नोजिल के पीछे कब्जे से लगी परावर्तक-प्लेटें होती हैं। एक अन्य विधि मे, जिसे रौल्स-रॉइस ने बनाया है और जो शायद अधिक दक्ष है, गैसो को पुच्छ-नली के पाश्व मे, या ऊपर-नीचे, बनी झझरी (grill) के द्वारा आगे की ओर परावर्तित किया जाता है।



बोइंग 707 के टर्बोजेट मे लगा इजन-साइलेंसर।

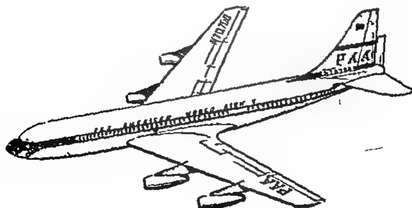
ऐसी युक्तियो से बडा अन्तर पडता है और टर्बोफैन का एक अन्य बडा लाभ यह है कि इसका बडा व्यास और मन्द नोदक जेट शोर का समान शक्ति के टर्बोजेट की तुलना मे काफी कम कर देता है। इसलिए इसमे साइलेंसर लगाने की आवश्यकता नही पडती, परन्तु इसमे शक है कि जेट-विमान कभी इतने शान्त हो सकेंगे जितने कि समान क्षमता वाल

60,000 फुट से अधिक ऊँचाई पर उसे पूर्णरूप से एक दाब-पोशाक (pressure suit) और 'गोल्डफिश बाउल' (Goldfish bowl) टोप पहनना जरूरी है क्योकि यदि उसके दाब-कक्ष मे कुछ गडबडी हो जाए तो वहाँ वायु दाब इतना कम होगा कि उसका रक्त खौलने लगेगा।

ये तथा अन्य कई समस्याए हल की जा चुकी हैं परन्तु अभी बहुत-सी समस्याए हल करनी बाकी हैं और उनसे सभवत भविष्य मे आकाश मे और भी विचित्र आकृतियो का समूह दिखाई पडेगा।

जेट का भविष्य

हालाँकि उपयोग मे आने वाले सब से पहले जेट-वायुयान लडाकू और बमवषक ही थे, पर युवा फ्रैंक ह्विटल ने 1930-40 के मध्य मे अपने मूल टर्बोजेट से जिस प्रकार के वायुयान को शक्ति प्रदान करने की आशा की थी वह था 500 मी प्र घ का एक छोटा पारअटलांटिक डाक-वाहक वायुयान। इसलिए उसे यह देखकर विशेष रूप से खुशी हुई होगी कि उसके महान आविष्कार से यात्री विमानो की एक अद्वितीय शृखला सम्भव हो सकी जिनमे 300 400 मी प्र घ टर्वोप्रॉप वाइकाउण्ट और ब्रिटनिया से लेकर बडे 550 620 मी प्र घ के BAC VC-10, डगलस DC-8, बोइग-707 कॉन्वेयर-880, ट्राइडेंट और कैरावेल (देखिए मुख्य पृष्ठ) टर्बोजेट एव टर्बोफैन परिवहन वायुयान तथा पराध्वानिक कॉन्कोड भी सम्मिलित हैं।

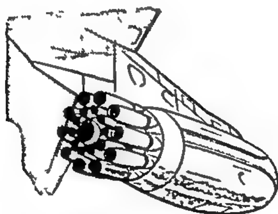


बोइग 707 जेट विमान।

जैसा कि हम पहले देख चुके हैं, जेट-विमानो मे भी वहुत-सी समस्याए उठी है,जैसी कि उनके इजन का शोर और विशाल लम्बाई वाले तथा मज़बूत धावनपथो की आवश्यकता।

रौल्स-रॉइस जैसी वडी कम्पनियाँ इन समस्याओ पर वडा परिश्रम कर रही है और इसमे काफी प्रगति हो चुकी है। टर्वोजेट की पुच्छ-नलियो (tail-pipes) मे लगे विशेष प्रकार के साइलेसरो से शोर काफी कम हो जाता है हालाँकि इससे शक्ति की हानि होती है, और कई प्रकार के 'प्रणोद-प्रतिचालक' (thrust-reverser) प्रयुक्त किए जा रहे है।

ये काफी हद तक उसी प्रकार काय करते है जैसे उत्क्रमणीय-ढलान नोदक, क्योकि वे भी रेचक गैसो को आगे की ओर परावर्तित करते हैं जिससे कि प्रतिक्रिया वायुयान को धीमा करने मे ब्रेक का काय करती है। एक प्रकार की व्यवस्था मे केवल पुच्छ-नली के नोज़िल के पीछे कब्जे से लगी परावतक-प्लेटें होती हैं। एक अन्य विधि मे, जिसे रौल्स-रॉइस ने वनाया है और जो शायद अधिक दक्ष है, गैसो को पुच्छ-नली के पाश्व मे, या ऊपर-नीचे, बनी झझरी (grill) के द्वारा आगे की ओर परावर्तित किया जाता है।

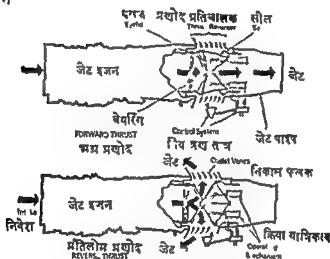


बोइग 707 के टर्वोजेट मे लगा इजन-साइलेंसर।

ऐसी युक्तियो से वडा अन्तर पडता है और टर्वोफन का एक अन्य वडा लाभ यह है कि इसका वडा व्यास और मन्द नोदक जेट शोर का समान शक्ति के टर्वोजेट की तुलना मे काफी कम कर देता है। इसलिए इसमे साइलेसर लगाने की आवश्यकता नही पडती, परन्तु इसमे शक है कि जेट-विमान कभी इतने शान्त हो सकेंगे जितने कि नमान क्षमता वान

पिस्टन-इजन वायुयान होते है और उनके लिए प्राय लम्बे धावनपथो की आवश्यकता भी होगी। दूसरे शब्दो मे यदि हम जेट-यात्रा की चाल और आराम चाहते है तो हमे इन कठिनाइयो को भुगतना ही पडेगा जब तक कि किसी क्रान्तिकारी नई तकनीक से सब कुछ न बदल दिया जाए।

ऐसा रूपान्तरण बहुत सम्भव है क्योकि ससार के कुछ बहुत प्रतिभाशाली डिजाइन निर्माता सीधे ऐसे वायुयान बनाने की दिशा मे काय कर रहे हैं जिन्हे ऊपर चढने और नीचे उतरने के लिए किसी धावनपथ की जरूरत न ही होगी।

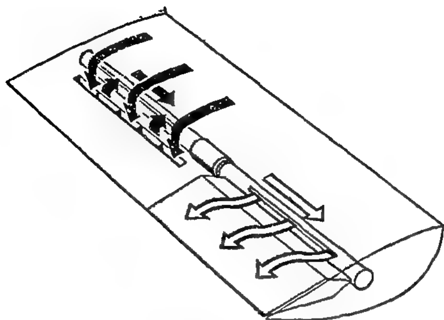


रौल्स राइस प्रणोद प्रतिघातक का रेखाचित्र।

इस प्रकार का एक वायुयान तो हैलिकॉप्टर ही है और जैसा कि हम पहले ही देख चुके है घूर्णी-पख यत्रो की दक्षता बढाने मे गैस-टरबाइनें बडा योगदान दे रही हैं।

अन्य युक्तिया स्थिर-पख वायुयान के ऊपर चढने के समय को घटाने की दृष्टि से बनाई जाती है। इनमे एक सबसे महत्त्वपूण 'सीमान्त परत नियत्रक' (Boundary Layer Control) है जिसमे जेट-इजन से ली गई वायु एक छोटी टरबाइन को चलाने के लिए प्रयुक्त की जाती है। यह पख-त्वचा के ऊपर से प्रवाहित होने वाली वायु की पतली परत को बारीक छिद्रो की श्रृखला या झिरी के द्वारा पख के अन्दर चूस लेता है और उसे पुन फ्लैपो के ऊपर छोड देता है जिससे उनकी दक्षता बढ जाती है। इससे ऊपर चढने का धावनपथ 25 प्रतिशत तक घट जाता है।

यह भी कम महत्त्व की बात नही है कि सीमान्त परत नियत्रक



सीमान्त परत नियन्त्रक।

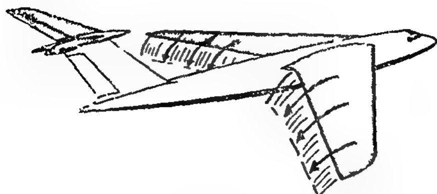
पत्र-त्वचा के पास की वायु की पतली परत चूस ली जाती है और एक वाहिका द्वारा फ्लप या सहपक्ष मे पहुचती है जिससे उनका उत्थापन बढ जाता है।

को टर्बोजेट-विमान जैसे वायुयानो मे उडान के दौरान प्रयुक्त किया जा सकता है जिससे वह पख के पिछले भाग के ऊपर मे विक्षुब्ध वायु-प्रवाह का चूपण कर सके। इससे उत्थापन इतना अधिक बढ जाता है कि बहुत छोटे पखो की ही आवश्यकता पडती है। कपण कम होने पर छोटे और हल्के इजन लगाए जा सकते ह और परिणामस्वरूप एक बहुत छोटा तथा कम खच का यात्री-विमान तैयार हो जाता है जिसकी कार्यक्षमता मे भी कोई कमी नही होती है।

एक दूसरा तरीका जेट-फ्लैप का है जिसमे वायुयान के टर्बोजेटो से आने वाली रेचक गैसे सामान्य पुच्छ-नली के नोजिल के बजाय पख के समस्त पिछले किनारे के साथ-साथ होती हुई एक छिद्र द्वारा अधोमुखी कोण पर निष्कासित हाती है। यह जितना मालूम पडता है उससे कही अधिक क्रान्तिकारी है—एक प्रकार से उडान का सर्वथा भिन्न तरीका ही है—क्योकि ऊपर चढते समय वायु की इस 'चादर' का यह प्रभाव होता है कि पख की ऊपरी सतह पर एक विशाल चूपण बुलबुला' (suction bubble) बन जाता है जिसमे जबरदस्त उत्थापन पैदा होता है।

जैसे-जैसे वायुयान की गति तेज होती जाती है वैसे-वैसे जेट-फ्लैप

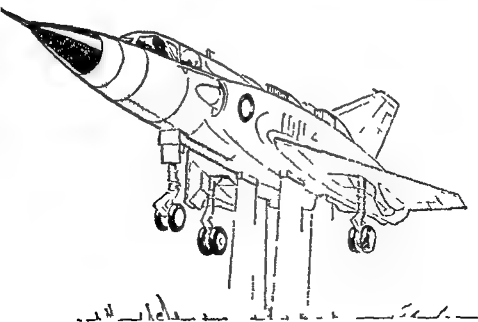
पीछे की ओर झुकता जाता है और अधिकाधिक प्रणोद उत्पन्न करता है जबकि पक्ष सामान्य विधि से उत्थापित होता है।



जेट फ्लैप।

परिभ्रमण उड़ान मे यह सम्भवत उससे अधिक हो झुक जाता है जितना यहाँ दिखाया गया है।

एक अन्य तरीका 'जेट-उत्थापन' का है जिसे समझना और भी आसान है और यह आजकल प्रसिद्ध रोल्स-रॉइस के 'फ्लाइग बेडस्टीड' (Flying Bedstead) द्वारा बनाया गया था और अब फ्रास के मिराज III-V ऊर्ध्वाधर उठने वाले लडाकू विमानो मे प्रयुक्त किया जाता है। यह इस सिद्धान्त पर काम करता है कि यदि आपके पास 20,000 पौड वजन का



मिराज III V ऊर्ध्वाधर उठने वाला लडाकू विमान।

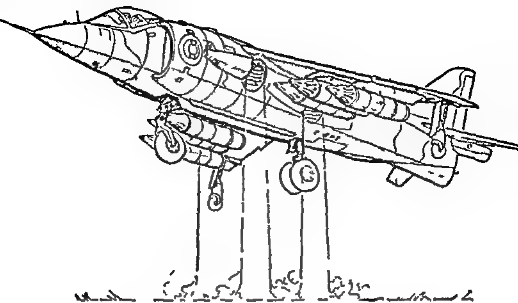
वायुयान है और आपके पास एक या अधिक टर्बोजेट हैं जिनका कुल प्रणोद 20,000 पौंड से अधिक है और वे ऐसे हैं कि उनका रेचन ऊर्ध्वाधरत नीचे की ओर होता है तो उसकी प्रतिक्रिया वायुयान को जमीन से ऊपर उठा सकेगी।

मिराज III-V मे रोल्स-रॉइस RB-162 उत्थापन-जेट के चार जोडे ऊपर उठने के लिए ऊर्ध्वाधर प्रणोद प्रदान करते हैं। एक बार वायु मे पहुँचने के पश्चात्, पिछले धड पर सामान्यत आरोपित एक बडा टर्बोपखा चालू हो जाता है और वायुयान को आगे की ओर नोदित करता है। जैसे-जैसे चाल बढती जाती है, वैसे-वैसे स्थिर डेल्टा-पख अधिकाधिक उत्थापन प्रदान करते है जब तक कि अन्तत अधोमुखी जेट को बन्द करना सम्भव न हो और वह सामान्य तरीके से उडने न लगे। इस प्रक्रम के विपरीत क्रम मे ऊर्ध्वाधर अवतरण सम्भव है।

'जेट-उत्थापन' से बडी भारी सभावनाए है क्योकि ऊर्ध्वाधर आरोपित इजन केवल ऊपर चढने तथा नीचे उतरने के लिए ही प्रयुक्त होते हैं। इसलिए वे सरल, हल्के, नियत शक्ति के होते ह और प्रत्येक पौंड भार के लिए 20 पौंड प्रणोद उत्पन्न करते हैं। एक बडे यात्री-विमान मे उनकी एक बैटरी हो सकती है जिससे वह ऊर्ध्वाधरत ऊपर चढ सकता है और उतर सकता है और इससे उसके उपयोगी भार (payload) मे भी कोई भारी कमी करने की आवश्यकता नही होगी।

इसके अतिरिक्त ऐसे वायुयान के अवचक्र मे बहुत सरल पाए (legs) और पहिए होगे। उसकी सरचना को अवतरण के आघात को सहने के लिए अधिक मजबूत बनाने की आवश्यकता भी नही होगी। उसके पखो को इतने छोटे त्रिकोण आकार का बनाया जा सकता है कि वे उच्च-चाल पर परिभ्रमण के लिए पर्याप्त हो। फ्लैप और पुच्छ-तल बिल्कुल हटाए जा सकते है। इसके परिणामस्वरूप एक बहुत हल्का तथा अत्यन्त दक्ष वायुयान बन जाएगा।

ब्रिटेन के एक क्रान्तिकारी लडाकू विमान हाकर सिडले हैरियर मे एक भिन्न ऊर्ध्वाधर उठने वाले 'जेट-उत्थापन' विधि का प्रयोग किया जाता है। इस वायुयान मे एक अकेला रोल्स-रॉइस ब्रिस्टल सिडले पिगासस टर्बोफैन इजन प्रयुक्त किया जाता है। इजन के सामने पखे से आने वाली उप-निकास वायु (by-pass air) धड के दोनो तरफ पख के अग्र सिरो पर बने नोजिलो द्वारा निकाली जाती है। इजन के



हाकर सिडले हैरियर ऊर्ध्वाधर उठनेवाला लड़ाकू विमान।

पिछले भाग में गरम गैसे धड पर और पीछे लगे नोजिलो के एक अन्य जोडे से निकलती हैं। चारो नोजिलो का एकसाथ घुमाया जा सकता है। उनको घुमाकर अधोमुखी करके इजन की समस्त शक्ति ऊपर चढने और अवतरण के लिए ऊर्ध्वाधर प्रणोद प्रदान करने के लिए प्रयुक्त की जा सकती है। ऊपर उठने के बाद एक सुरक्षित ऊँचाई पर जाकर नोजिलो को धीरे-धीरे घुमाकर उनका मुख पीछे की दिशा मे किया जाता है, यह हैरियर की चाल बढने के साथ-साथ धीरे-धीरे किया जाता है जब तक कि अन्तत सारा प्रणोद नोदन के लिए प्रयुक्त न होने लगे। इसके फल-स्वरूप हैरियर मे उच्च कायकुशलता होती है और उसे एक हेलिकॉप्टर की तरह प्रत्येक स्थान पर ले जा सकते है।

एक दिन 'जेट-उत्थापन' से यात्री-विमानो को धावनपथो की आवश्यकता ही नही रहेगी, परतु अभी तो डिजाइन-निर्माताओ के सामने 1970 के शुरू तक पहला पराध्वानिक यात्री विमान सेवा के लिए तैयार करने मे ही बहुत-सी समस्याए है। ऐसे वायुयान यात्रियो को लन्दन से न्यू याक तक केवल $3\frac{1}{3}$ घटे मे ले जा सकेंगे।

सबसे पहला पराध्वानिक यात्री विमान एक 155 टन का डेल्टा-पक्ष विमान ऍग्लो फ्रेंच कॉन्कॉर्ड हो सकता है जो चार 35 000 पौड प्रणाद के ओलम्पिस टर्बोजेटो से शक्ति प्राप्त करता है जिसमे पुन तापक यन्त्र भी







हाकर सिडले हैरियर के ऊपर चढने का क्रम।

A ऊर्ध्वाधर ऊपर चढ़ान। जेट-नोज़िल ऊर्ध्वाधरतः अधोमुखी हैं। वायुयान इंजन के पूर्ण प्रणोद से भूमि से ऊपर उठता है। नासिका, पुच्छ और पक्ष सिरों का नियंत्रण 'जेट प्रतिक्रिया नियंत्रक' द्वारा होता है।

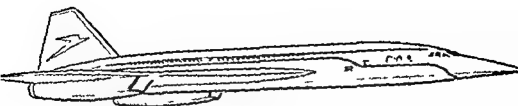
B संक्रमण। जेट-नोज़िल पीछे की तरफ घूम रहे हैं। वायुयान आगे की ओर त्वरित हो रहा है। उसका पक्ष उत्थापन बढ रहा है और इंजन उत्थापन घट रहा है। जसे-जसे वायु-चाल बढती है वसे वसे उड़ान नियंत्रक प्रभावी होते जाते हैं।

C क्षतिज उड़ान। जेट-नोज़िल पूरी तरह क्षतिज है। वायुयान एक सामान्य उच्च चाल वाले लड़ाकू विमान की तरह कार्य करता है।

होता है, और यह उत्तरी अटलांटिक मार्ग पर 136 यात्री तक ले जा सकता है।

रूस ने भी अपने Tu 144 पराध्वानिक यात्री-विमान के लिए डेल्टा पक्ष पसन्द किया है परन्तु विश्वास है कि भविष्य में 'झूलता पक्ष' उपयोगी रहेगा, क्योंकि इससे निम्न-चाल पर अवतरण और आरोहण सम्भव होगा।

पुच्छ-प्रथम (tail-first) या कैनाड का विन्यास बहुत प्रसिद्ध होता जा रहा है क्योंकि इसमें पराध्वानिक चाल पर होने वाले उत्थापन में कमी तथा नाक-नीचे रहने की प्रवृत्ति पर नियंत्रण रखा जा सकता है

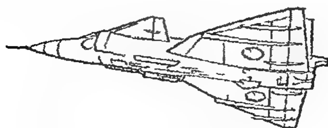


ऐंग्लो फ्रेंच कॉनकोर्ड माख 2 2 पराध्वानिक यात्री विमान।

तथा जब प्रघात-तरग धड के साथ-साथ वापस चलता हुई ऐसी स्थिति तक पहुच जाती है कि वह माख 2 पर रूढ नियत्रको पर छा जाती है, उस समय भी नियत्रण मे सहायता मिलती है। यह विन्यास नॉर्थ अमेरीकन XB-70A वाल्कीरी माख 3 प्रायोगिक बमवारो मे प्रयुक्त होता है। नया साब विगेन (Saab Viggen) लडाकू वायुयान, जो 1970 के बाद स्वीडन की वायु-सेना के स्क्वाड्रनो मे उपयोग किया जाएगा, उतना पुच्छ-प्रथम नही जितना टैण्डेम पख वाला है। उसके अग्रिम पख मे पल्ले (flaps) लगे होते हैं और इससे विगेन बहुत छोटे धावनपथो पर उतर और उड सकता है।

अब तक निर्मित सभी परा-ध्वानिक यात्री विमान टर्बोजेट शक्ति-युक्त है परन्तु आगे आने वाले वर्षो मे हम निश्चय ही रैमजेट की चर्चा सुनेंगे क्योकि उच्च-चाल पर उनकी उपयोगिता बहुत अधिक है।

जैसा कि हम पृष्ठ 48 पर देख चुके है उनका एक सबसे रोचक उपयोग कुछ वर्ष पूर्व के फ्रेंच नॉड ग्रिफन अनुसन्धान वायुयान मे है क्योकि उसका कुल धड रैमजेट के बाहरी खोल का काम करता है। वायुयान को भूमि से ऊपर उठाने के लिए और जहा रैमजेट चालू होता है वहा उच्च-चाल प्राप्त करने के लिए रैमजेट के मध्य भाग मे एक 7700 पौंड प्रणोद का ऐटार टर्बोजेट (Atar turbojet) आरोपित कर दिया जाता है। ये दोनो मिलकर ग्रिफन को 1400 मी प्र घ की चाल प्रदान कर सकते

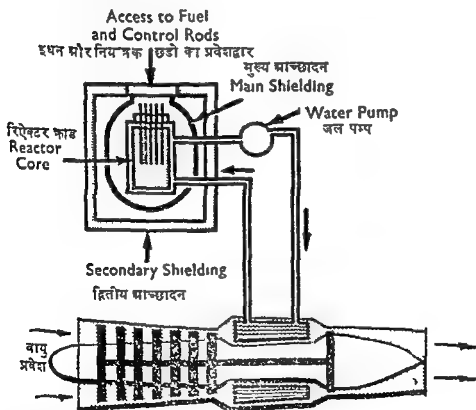


विचित्र टण्डेम-पख साब AJ 37 विगेन लडाकू वायुयान।

है और उसकी चाल केवल उसके वायु-ढाँचे के कारण ही सीमित होती है।

इनमे से किसी एक तरीके से भविष्य की उडान मे क्रान्तिकारी परिवर्तन हो सकते हैं, और इसके अतिरिक्त कई और भी है जिनमे आधुनिक कैरोसिन (kerosine) और 'वाइड-कट' गैसोलीन ('wide cut' gasoline) के स्थान पर पेण्टावोरेन (pentaborane) जैसे रासायनिक ईंधन के उपयोग से प्रति पौंड ईंधन पर अधिक शक्ति प्राप्त होती है। अन्तत परमाणु-इजन भी मैदान मे आएगा जो निश्चय ही एक 'जेट' या टर्वोप्रॉप के रूप मे प्रयुक्त होगा।

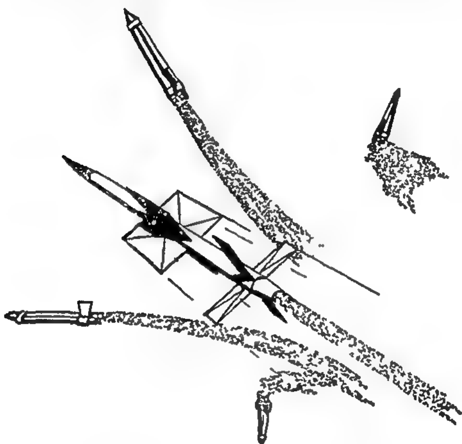
हम रॉकेट की भी उपेक्षा नही कर सकते है जो आखिर एक प्रकार का जेट-इजन ही है।



भविष्य का शक्ति-सयत्र यह ऊष्ण वायु टर्वोजेट हो सकता है जिसमे वायु-जल ऊष्मा विनिमय-यत्र—जिसमे परमाणु रिऐक्टर से ऊष्ण जल प्राप्त होता रहता है—सामान्य दहन कक्ष का स्थान ले लेगा।

अन्तरिक्ष में

हमारे युग और इसकी प्रवृत्तियो के अनुसार सामान्यत रॉकेटो का सम्बन्ध गाई फॉक्स (Guy Fawkes) निर्देशित प्रक्षपास्त्र या अन्तरिक्ष-उडान से समझा जाता है जो इस पुस्तक के विषय-क्षेत्र से



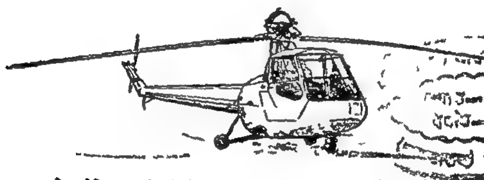
एक प्रक्षेपास्त्र से निकलते हुए ठोस इंधन-बूस्टर रॉकेट जिन्होने वायु मे उसकी सहायता की थी।

बाहर हैं। परन्तु इसमे रॉकेट सम्मिलित करने चाहिए क्योकि वे एक प्रकार के जेट-इंजन ही नहीं हैं बल्कि जेट-विमानो के लिए शक्ति-सहायक के रूप में उनका महत्त्व बहुत अधिक बढ़ता जा रहा है।

दो मूल प्रकार के रॉकेट होते हैं।

पहले प्रकार के रॉकेटो मे ठोस ईंधन (या प्रणोदक) जलाए जाते हैं और ये उसी प्रकार के रॉकेट है जिन्हे पाच नवम्बर के उत्सव मे उडाकर खुशी मनाई जाती है और जिनका गम्भीर उपयोग वायुयान और प्रक्षेपास्त्रो के ऊपर उठने मे 'बूस्टरो' (boosters) के रूप मे होता है।

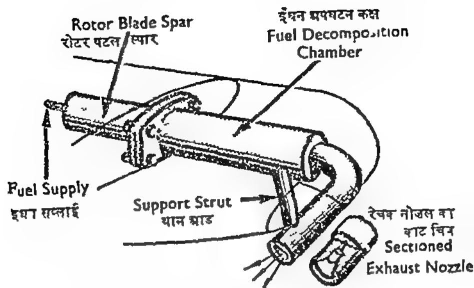
दूसरे मे द्रव ईंधन (प्रणोदक) का उपयोग होता है और इसी से हमारा मुख्य सम्बन्ध है क्योंकि इसे वायुयान के मुख्य शक्ति सयत्र तथा ऊपर उठने मे सहायक के रूप मे प्रयुक्त किया जाता है। इसमे प्रणोद एक टर्बोजेट की तरह ही अर्थात् दहन-कक्ष मे प्रणादको के दहन की प्रतिक्रिया से प्राप्त किया जाता है। मुख्य अन्तर यह है कि इसमे प्रणोदको मे स्वय अपनी ही ऑक्सीजन होती है और इसे वायु से ऑक्सीजन लेने की जरूरत नही होती, इसलिए अधिक ऊँचाई पर 'कम' हवा मे शक्ति की हानि नही होती।



स्कीटर हैलिकाप्टर जिसमे रोटर की नाभि के ऊपर H T P रॉकेट प्रणोदक का टक रहता है।

वास्तव मे यह जितना ऊपर उडता है उतना ही यह अधिक दक्ष हो जाता है और रॉकेट की अधिकतम शक्ति रिक्त अन्तरिक्ष मे ही उत्पन्न होती है जहा पर उसके अग्रिम प्रणोद मे कमी करने के लिए वायु का प्रतिरोध नही होता।

कभी-कभी H T P (High Test Peroxide) जैसा एक अकेला प्रणोदक प्रयुक्त किया जाता है क्योंकि जब इसे दहन-कक्ष में भरा जाता है तो वहा विघटित होकर ऑक्सीजन और भाप उत्पन्न करता है और इससे प्रणोद उत्पन्न होता है। इसके परिणामस्वरूप एक अत्यन्त सरल सयत्र बन जाता है जैसा कि स्कीटर हैलिकॉप्टर मे परीक्षण के लिए रखा गया था। उसकी ऊर्ध्वाधर आरोहन-दर एव पौंड भार के छोटे नेपियर रोटर-सिरा रॉकेट-मोटरो द्वारा 230 से बढाकर 1400 फुट प्रति-



हैलिकॉप्टर रोटर के सिरे पर बना हुआ नैपियर रॉकेट भाग।

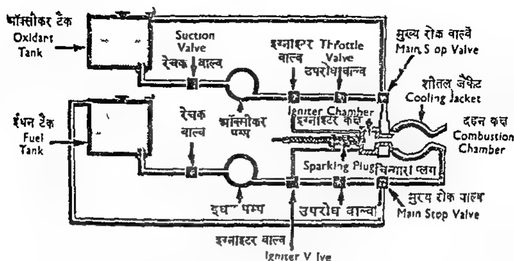
मिनट कर दी गई थी। इनकी सप्लाई रोटर की नाभि के ऊपर लगे H T P के टंक से होती थी।

अधिक प्रचलित तरीका यह है कि दो प्रणोदकों का उपयोग किया जाता है, जिनमें से एक ईंधन होता है और दूसरा ऑक्सीकर (oxident) होता है जिसके साथ वह दहन-कक्ष में मिश्रित होता है। वायुयान रॉकेट-इंजनों में प्रयुक्त होने वाला सबसे सामान्य ईंधन केरोसिन (मिट्टी का तेल) या गैसोलीन है और सामान्य ऑक्सीकर उच्च परीक्षण (high test) पैरॉक्साइड, द्रव ऑक्सीजन या नाइट्रिक अम्ल हैं।

जैसा सामने के चित्र से स्पष्ट है एक रॉकेट संस्थापन बहुत सरल है और रौल्स-रॉइस ब्रिस्टल टाइप-2 (Rolls Royce Bristol Type 2) जैसे इंजन जो ब्रिटिश ब्लैक ऐरो अनुसन्धान रॉकेट को शक्ति प्रदान करते हैं केवल 318 पौंड भार पर 15 300 पौंड प्रणोद उत्पन्न करते हैं। इसमें कठिनाई यह है कि इसमें प्रति मिनट दो टन प्रणोदक जलते हैं।

परन्तु जहां-कहीं अल्प काल के लिए अधिक शक्ति की आवश्यकता होती हैं वहां रॉकेट का कोई मुकाबला नहीं कर सकता। यही वजह है कि कुछ अद्यतन लड़ाकू विमानों में, जेट और रॉकेट-इंजन दोनों ही होते हैं, इसका उदाहरण है फ्रेंच दासाउल्त मिराज III (French Dassault Mirage III)।

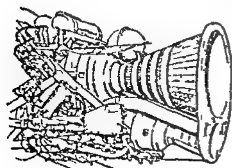
जब मिराज III अन्तरोधक के रूप में इस्तेमाल होता है तो वह अपने टर्बोजेट की शक्ति से ही ऊपर उठ सकता है और जब ऊंचाई पर जेट की



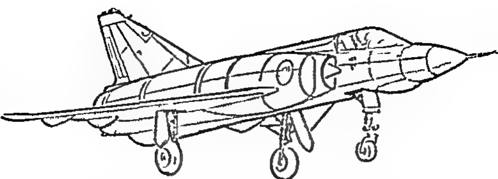
रॉकेट सस्थापन का रेखाचित्र ।

जब पायलट अपने मुख्य स्विच को चालू करता है तो इजन और आक्सीकर पम्प घूमने लगते हैं । इग्नाइटर वाल्व अपने आप खुल जाता है और दोनो प्रणोदक इग्नाइटर-कक्ष मे प्रवाहित होने लगते हैं और चिंगारी-प्लग जलने लगता है । इससे इग्नाइटर जलने लगता है और दहन कक्ष मे ज्वाला का एक किरणपुज पहुचता है। अब मुख्य रोक वाल्व (main stop valve) स्वय खुल जाते हैं और इग्नाइटर वाल्व बन्द हो जाते हैं । प्रणोदक दहन कक्ष म बहने लगते हैं और ज्वाला किरण-पुज से दहक उठते हैं । रॉकेट जल जाता है, चिंगारी प्लग को जाने वाली धारा टूट जाती है और इग्नाइटर-कक्ष मे प्रणोदक जाने बन्द हो जाते हैं। इसके बाद दहन-कक्ष मे जाने वाले ईंधन का नियत्रण पायलट अपने उपरोध से उपरोध वाल्वो द्वारा करता है ।

शक्ति कम होने लगती है तब ऊपर चढने की उच्च-दर बनाए रखने के लिए रॉकेट-मोटर को चालू कर सकता है और फिर उपयुक्त ऊचाई पर पहुचकर ईंधन बचाने की दृष्टि से अकेले टर्बोजेट से सामान्य उडान कर सकता है । जब उसका लक्ष्य सामने हो तब रॉकेट को पुन चालू कर दिया जाता है जिससे वह प्रणोद प्राप्त करके पराध्वानिक चाल प्राप्त कर लेता



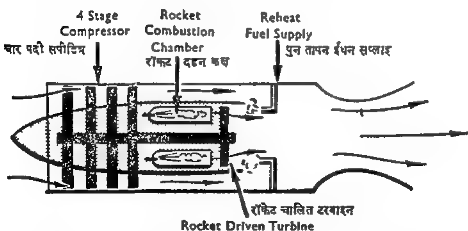
रोल्स रॉइस ब्रिस्टल स्टेण्टर द्विकक्ष वाला रॉकेट इजन जो ब्रिटेन के V-बमवारों मे रखे ब्लू स्टील स्टैंड ऑफ बम के लिए शक्ति-संयत्र का काम करता है ।



फ्रेंच दासाउल्त मिराज III E लड़ाकू विमान में धड़ के पिछले भाग की नली में एक रॉकेट इंजन होता है जो ऊपर चढ़ते समय और लड़ाई के समय उसके टर्बोजेट को सहायता पहुँचाता है।

है और दुश्मन पर शीघ्रता के साथ हमला कर सकता है। उसके बाद वह पुन अपनी टर्बोजेट शक्ति से अड्डे पर वापस लौट सकता है।

यह युक्ति स्वयं रॉकेट-मोटर के उपयोग के मुकाबले में अधिक प्रयोगात्मक है और अन्तत यह सम्भव हो सकता है कि दोनो प्रकार के शक्ति-संयत्रो को एक-एक टर्बो-रॉकेट इंजन के रूप में सकलित किया जाय।

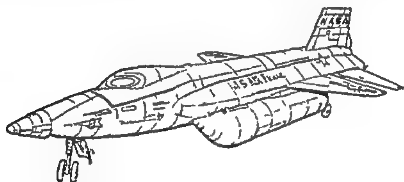


टर्बो रॉकेट इंजन।

टरबाइन, रॉकेट दहन कक्षों से आने वाली गसो से चलता है और सम्पीडित्र को चलाता है। यह एक नली-युक्त पंखे की तरह काय करता है जो एक उप मार्ग नली से वायु को पुच्छ-नली में भेजता है जहाँ एक पुन तापन सयंत्र रहता है।

मूलत यह एक नली-युक्त पंखा और पुन तापक होगा परन्तु इसका पखा या सम्पीडित्र रॉकेट-टरबाइन द्वारा चालित होगे। इससे कुछ ऐसी अति-तापन समस्याए हल हो जाती है जो टर्बोजेट मे अधिक चाल होने पर सामने आती है।

स्वय रॉकेट-मोटरो का पायलट-युक्त वायुयानो मे केवल अनुसन्धान-कार्य के लिए महत्त्व हो सकता है। पहले ही उनसे सबसे पहला ध्वनि-वेग से भी तेज उडान वाला बेल X-1 1947 मे उडाया जा चुका है और 1962-67 मे उत्तरी अमरीकी X-15 को अनौपचारिक चाल और ऊँचाई का रिकार्ड क्रम से 4532 मी प्र घ और 354,200 फुट स्थापित करने का श्रेय उन्हे प्राप्त है। X 15 मे प्रयुक्त होने वाला थियोकोल (Thiokol) XLR 99 रॉकेट-इजन 57 000 पौड प्रणोद देता है और पायलट-युक्त विमानो मे प्रयुक्त होने वाला अब तक का सबसे शक्तिशाली इजन है।



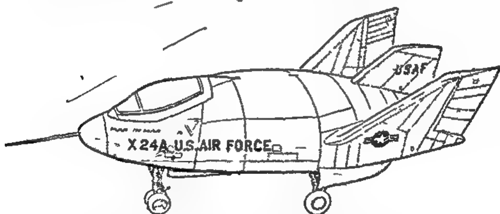
धड की प्रत्येक भुजा पर उठाये हुए फॅकने योग्य बाह्य टको मे अतिरिक्त प्रणोदका के साथ उत्तरी अमरीकी X 15A 2 अनुसन्धान वायुयान अपने नवीनतम रूप मे।

X 15 जितना वायुयान है उतना ही एक प्रक्षेपास्त्र भी है और उसे उसी 'ऊष्मा अवरोध' की समस्या का सामना करना होता है जो प्रक्षेपास्त्र मे सामने आती है। उसकी ऊपरी त्वचा पर वायु प्रवाह के घर्षण से उच्च-चाल पर ताप इतना बढ जाता है कि उच्च-शक्ति की धातुए जैसे स्टेनलैस स्टील और निकिल की मिश्र धातुए प्रयुक्त करनी पडती हैं और जेमिनी अन्तरिक्षयान की भाति एक प्रज्वलित अपक्षरक प्लास्टिक के खोल से ढका रहता है। चालक-कक्ष और उपस्कर प्रशीतित्र द्वारा ठडे रखे जाते हैं और यदि त्वचा का ताप बहुत अधिक बढने लगे तो पायलट को सूचित करने के लिए विशेष उपकरण होते है। उसके नियत्रक (कट्रोल) भी सामान्य नही होते क्योकि वायुमण्डल मे X-15 का

नियत्रण एक प्रक्षेपास्त्र की भाति पूणत उसके पुच्छ-पृष्ठो द्वारा होता है और अन्तरिक्ष मे नियत्रण के लिए उसकी नासिका मे रॉकेट-जेट और पख होते है ।

अपनी महान् सफलताओ से X 15 ने कई ऐसी समस्याओ को हल करने मे मदद की है जिनका उत्तर, भविष्य के पराध्वानिक विमानो का पूरा लाभ उठाने से पहले, प्राप्त करना जरूरी है और जो वायुमडल से ऊपर अन्तरिक्ष मे पहुँचने पर सामने आती है । वायुमडल मे ऊपर के पहले 50 मील सबसे कठिन होते है और वापसी यात्रा के 50 मील सबसे खतरनाक होते है क्योकि वही पर वायुयान और उसके यात्रियो को वायु के घषण द्वारा एक उल्काश्म की तरह जल जाने से बचाने के लिए विशेष सावधानी की आवश्यकता होती है ।

भविष्य मे कक्षा मे चक्कर लगाते हुए अन्तरिक्ष-स्टेशनों मे अन्तरिक्ष यात्रियो और वैज्ञानिको को वापिस लाने के उद्देश्य से डिजाइन बनाने वाले बिना पख के मार्टिन मरीटा X-24A (Martin Marietta X 24A) जैसे विचित्र दिखलाई देने वाले वायुयानो को बनाने का काय कर रहे है ।



मार्टिन मरीटा X 24A उत्थापक शरीर अनुसधान वायुयान ।

इसे उत्थापक शरीर यान कहते है और यह पखो के बजाय पक्षकाकार (foil shaped) शरीर की सहायता से ऊपर को उठता है । X-15 की भाति X 24A भी एक उडान-परीक्षित यान ह जिसे B-52 मूल यान' के पख के नीचे से काफी ऊचाई से गिराया गया है । सम्भवत भविष्य के उत्थापक-शरीर यान उस प्रकार के विशाल लाच रॉकेटो द्वारा अन्तरिक्ष मे ले जाए जाएगे जस अपोलो चन्द्रयान के लिए इस्तेमाल हो रहे ह और उन पर पृथक् हाने वाले प्लास्टिक ऊष्मा-रक्षक का आवरण लगा होगा । यात्रियो

को वापिस पृथ्वी पर लाने के लिए जब यान वायुमडल मे पुन प्रवेश करेगा तो ये आवरण जल जाएगे। इस प्रकार के यानो का सबमे बडा लाभ यह है कि जेमिनी और अपोलो के यात्रियो द्वारा इस्तेमाल अ तरिक्ष यानो की अपेक्षा उनका अधिक युक्तिचालन (manoeuvre) हो सकता है जिससे उन्हे हवाई अड्डो पर पहियो द्वारा या फिसलाकर उतारा जा सकता है और हवाई छतरी के द्वारा सम्भावित अनिश्चित उतराई से बचा जा सकता है।

पहले जेट-विमान की प्रथम उडान के लगभग 30 वर्षों के अन्दर तथा ध्वनि-से-तेज चाल वाले विमानो की उडान मे 22 वर्षो के बाद ही ऐसी उडान की योजना मात्र भी इस बात की सूचक है कि उडान की प्रथम शताब्दी के अन्त तक हम अभी बहुत से करिश्मे देखने की आशा कर सकते हैं।

पारिभाषिक शब्दावली

अक्षीय-प्रवाह टर्बोजेट	axial flow turbojet
अक्षीय सम्पीडित्र	axial compressor
अग्र प्रणोद	forward thrust
अति चक्रण	super circulation
अति भरक	super charger
अधोमुखी कोण	downward angle
अपकेन्द्री सम्पीडित्र	centrifugal compressor
अवचक्र	undercarriage
अश्वशक्ति	horsepower
आवेग नली	impulse duct
उत्क्रमणीय ढलान नोदक	reversible pitch propeller
उत्तर ज्वलन	after burning
उत्थापन जेट	lift jet
उपध्वानिक	subsonic
उप मार्ग इंजन	by pass engine
उप मार्ग टर्बोजेट	by pass turbojet
उपरोध	throttle
एकस्व	patent
कर्षण	drag
घूर्णन	rotation
जीवा	chord
झूलता-पक्ष	swing wing
टरबाइन पटल	turbine blade
टर्बो जनित्र	turbo generator
त्रिज्य फलक	radial vanes
धड़	fuselage
धारारेखन	streamlining
धावनपथ	runway
ध्वनि अवरोध	sound barrier
ध्वानिक गर्जन	Sonic Boom
नाभि	hub
निमोनिक निकल	nimonic nickel
नोदक नोज़िल	propelling nozzle
न्यूनक गियर	reduction gear
पराध्वानिक	supersonic
परावर्तक प्लेट	deflector plate
परिवर्ती आपतन	variable incidence
परिवर्ती ज्यामिति पक्ष	variable geometry wing
पलीता	igniter
पारध्वानिक	transonic
पुनःतापन	re heat
प्रक्षेपास्त्र	missile
प्रघात-तरंग	shock wave
प्रणोद उत्क्रमण युक्ति / प्रणोद प्रतिचालक	thrust revereer
नोदक जेट	propulsive jet
प्ररूप	prototype
प्रवेश मार्गदर्शक फलक	inlet guide vane
प्रशीतित्र	refregerator
फ्लैप वाल्व	flap valve
बलाघूर्ण	torque
मंडलक	disc
यान्त्रिक प्रेषण	mechanical transmission
रेचन गैस	exhaust gas
रेचक नॉज़िल	exhaust nozzle
वक्र फलक	curved vane
वलयाकार	annular
वात-सुरंग	wind tunnel
विक्षुब्ध	turbulent
विपरीत प्रवाह	reverse flow
विभेदी	variant
वैमानिकी	aeronautics
सर्वमुखी जोड़	universal joint
सहपक्ष	aileron
सिराजेट	tip jet

THE PROGRESS OF SCIENCE Series in Hindi
(All books are fully illustrated or Plates on art paper)

Great Discoverers In Modern Science	Patrick Pringle
Modern Scientists At Work	Amabel Williams Ellis
Men Who Changed The World	Egon Larsen
Men Who Shaped The Future	Egon Larsen
The Common Sense of Science	J Bronowski
Everyday Science Topics Book I III	T A Tweedle
Stories from Science Book I IV	Sutcliffe & Sutcliffe
Achievements of Science I VIII	M Anderwood
The Making of Man by	I W Cornwall & M Maitland Howard (Carnegie Medal Winner)
Diversity of Man	Robin Clark
Animal life in the Tropics	E M P Waltors
Life in the Deep	Maurice Burton
Planet Earth	Dr Ronald Fraser
Weather	R S Scorer
The World of Feelings	J D Carthy
Nature and Man	John Hillaby
Biology for the Modern World	C H Waddington
Great Moments in Astronomy	Archie E. Roy

SCIENCE WORK LIKE THIS Series in Hindi
(All books are fully illustrated or Plates on art paper)

Television Works Like This	J & R Bendick
Radar Works Like This	Egon Larsen
Sound Recording Works Like This	Clement Brown
Atoms Works Like This	John Rowland
Helicopters Works Like This	Basil Arkell & John W R Taylor
Transistors Work Like This	Egon Larsen
Jet Planes Work Like This	John W R Taylor
Rockets & Satellites Work Like This	John W R Taylo
Trains Work Like This	David St John Thoma.
Cameras Work Like This	Maurice K Kidd
Transport	Egon Larsen